

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1931-1932. — N° 212

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
EAUX D'ALIMENTATION
DE LA VILLE D'ARCACHON

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Vendredi 4 décembre 1931

PAR

Jean-Marie-André-Robert DUVERGER

EX-PRÉPARATEUR A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE BORDEAUX

Né à BORDEAUX (Gironde), le 30 avril 1907.

Examineurs de la Thèse	{	MM. MANDOU, professeur.....	{	Président.
		DUPOUY, professeur.....		Juges.
		R. SIGALAS, agrégé.....		
		VITTE, agrégé.....		

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1931



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1931-1932. — N° 212

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
EAUX D'ALIMENTATION
DE LA VILLE D'ARCACHON

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
Mention " PHARMACIE "

présentée et soutenue publiquement le Vendredi 4 décembre 1931

PAR

Jean-Marie-André-Robert DUVERGER

EX-PRÉPARATEUR A LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE BORDEAUX

Né à BORDEAUX (Gironde), le 30 avril 1907.

Examineurs de la Thèse	{	MM. MANDOUL, professeur.....	Président.
		DUPOUY, professeur.....	{ Juges.
		R. SIGALAS, agrégé.....	
		VITTE, agrégé.....	

BORDEAUX
IMPRIMERIE DE L'ACADÉMIE ET DES FACULTÉS
Y. CADORET
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1931

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS..... Doyen.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, PRINCETEAU, W. DUBREUILH, RIVIÈRE,
BARTHE, LE DANTEC, DENIGES, AUCHÉ.

PROFESSEURS

MM.	MM.
Clinique médicale..... MAURIAC.	Zoologie et parasitologie..... MANDOU.
id..... CASSAET.	Médecine expérimentale..... DUPÉRIÉ.
Clinique chirurgicale..... CHAVANNAZ.	Clinique ophtalmologique..... TEULIÈRES.
id..... BÉGOUIN.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie..... ROCHER.
Pathologie et thérapeutiques générales... CARLES.	Clinique gynécologique..... GUYOT.
Clinique d'accouchements..... ANDÉRODIAS.	Clinique méd. des maladies des enfants... CRUCHET.
Anatomie pathol. et microscopie clinique. SABRAZÈS.	Chimie biologique et médicale..... DELAUNAY.
Anatomie..... VILLEMIN.	Physique médicale et pharmaceutique... SIGALAS.
Anatomie générale et histologie..... G. DUBREUILH.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques. BONNIN.
Physiologie..... PACHON.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques PETGES.
Hygiène..... LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires. DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie..... LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales. ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité méd. RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie..... PORTMANN.
Chimie..... CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée..... LABAT.
Botanique et matière médicale..... BEILLE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie.. SELLIER.
Pharmacie..... DUPOUY.	

MM. MICHELEAU (Médecine générale), MURATET (Anatomie pathologique), GOLSE (Pharmacie),
LACOSTE (Histologie).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

MM.	MM.
Anatomie..... DUBECQ.	Chirurgie générale..... PAPIN.
id..... DUFOUR.	id..... JEANNENEY.
Physiologie..... FABRE.	id..... CHARRIER.
Parasitologie et sciences naturelles... R. SIGALAS.	id..... LOUBAT.
Médecine générale..... CREYX.	Obstétrique..... PERY.
id..... AUBERTIN.	id..... RIVIÈRE.
id..... DAMADE.	Ophtalmologie..... BEAUVIEUX.
id..... PIÉCHAUD.	Dermatologie et syphiligraphie..... JOULIA.
id..... DELMAS-MARSALET.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie. VITTE.
Maladies mentales..... PERRENS.	

COURS COMPLÉMENTAIRES :

MM.	MM.
Clinique dentaire..... CAVALIÉ.	Puériculture..... FAUGÈRE.
Médecine opératoire..... PAPIN.	Démonstrations et préparations pharmac. GOLSE.
Accouchements..... RIVIÈRE.	Zoologie et parasitologie..... R. SIGALAS.
Ophtalmologie..... CABANNES.	

Orthopédie chez l'adulte, pour les accidenté du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. MM. N.
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et rééducation professionnelle..... GOURDON

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.



A MA FEMME

A MON FILS

A MES PARENTS

A MES BEAUX-PARENTS ET MES GRANDS-PARENTS

MEIS ET AMICIS

A MES MAÎTRES DE LA FACULTE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR A. LABAT

*Professeur de Toxicologie et Hygiène appliquée,
Pharmacien des Hôpitaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

Témoignage de respectueuse admiration.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DUPOUY

*Professeur de Pharmacie à la Faculté de Médecine et de Pharmacie
de Bordeaux,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

CHER MAÎTRE,

Durant les quatre années passées en votre Laboratoire, vous n'avez cessé de nous prodiguer votre remarquable enseignement, vos judicieux conseils; vous nous avez guidé de votre grande expérience, et votre affection délicate nous a été parfois d'un réconfort précieux. Nous sommes particulièrement heureux de pouvoir vous en exprimer notre très vive reconnaissance.

A MONSIEUR M. HAILLECOURT

*Docteur en droit,
Secrétaire du Bureau municipal d'Hygiène d'Arcachon.*

A MONSIEUR MARCOTTE

*Docteur en médecine,
Pharmacien de 1^{re} classe,
Ex-interne des Hôpitaux de Paris,
Sous-chef au Service de surveillance des eaux de la ville de Paris,
Directeur du Service d'Hygiène de la ville d'Arcachon.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ R. SIGALAS

*Professeur agrégé à la Faculté de médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Chargé du Cours complémentaire de zoologie et de Parasitologie,
Chef des travaux de Zoologie et de Parasitologie,
Directeur du Laboratoire maritime de l'Ecole des Hautes-Etudes de Paris,
Directeur de la Station biologique d'Arcachon,
Adjoint au maire d'Arcachon, délégué à l'Instruction publique et à l'Hygiène,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier d'Académie.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR C. SIGALAS

*Doyen de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Bordeaux,
Correspondant national de l'Académie de Médecine,
Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique,
Membre du Conseil supérieur de l'Assistance publique,
Vice-Président du Conseil départemental d'Hygiène de la Gironde,
Commandeur de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique.*

A MON PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR H. MANDOUL

*Professeur de Zoologie et de Parasitologie à la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de Bordeaux,
Docteur ès sciences,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Officier de l'Instruction publique,
Commandeur du Nichan-Iftikhar.*

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
EAUX D'ALIMENTATION
DE LA VILLE D'ARCACHON

INTRODUCTION

L'étude un peu approfondie des multiples problèmes intéressant l'hygiène montre très vite au moins averti que celui de l'alimentation en eau potable reste, de nos jours, comme il le fut jadis, la préoccupation cardinale de ceux qui ont pris à cœur la lourde charge de veiller à la santé publique. Loin d'être un souci contemporain, l'examen des eaux fut entrepris dès la plus haute antiquité. Les anciens, dont l'esprit était si aisément ouvert à toutes choses, exigeaient d'une eau qu'elle fût « claire, fraîche et agréable au goût », et l'étroite surveillance dont ils entouraient leurs sources prouve bien qu'ils avaient compris le rôle de facteur de santé que joue l'eau dans l'alimentation des collectivités.

Beaucoup plus tard, en 630, le roi Dagobert, puis en 1224 Frédéric II, empereur d'Allemagne, pour ne citer que les plus vigilants, exercèrent leur sévérité dans le même sens. En 1802, la surveillance des eaux prit un caractère nettement

officiel par la création, à Paris, du premier conseil d'hygiène; ce dernier, qui vit le jour à l'instigation d'un pharmacien célèbre, Cadet de Gassicourt, comprenait trois autres membres : Huzard, Deyeux et Parmentier, tous également pharmaciens. Dès lors, l'hygiène en général, et celle des eaux en particulier, prirent, par degrés, dans les esprits du temps, une place assez prépondérante pour faire naître à la fois réformes décisives et améliorations indispensables. Depuis un siècle, chaque jour a vu l'éclosion de découvertes inestimables; profitant des progrès incessants réalisés dans les autres branches de la science, se dépouillant de ses tendances quelque peu vieillottes et irrationnelles, servie par des savants d'une remarquable valeur, enrichie de moyens d'investigation sans cesse en évolution vers le mieux, riche d'expériences multiples et sincères, l'hygiène s'impose aujourd'hui à tous avec une singulière vigueur. Nul, désormais, n'en peut contester la force et la valeur.

C'est pourquoi, de nos jours, chimistes et hygiénistes savent fort bien déterminer, avec les origines des eaux, les critères de leur potabilité. L'analyse chimique, solidement étayée par les recherches bactériologiques et les constantes physiques, permet d'établir en fait d'alimentation en eau potable une très large sécurité. Dès lors, le présent travail pourra sembler, sinon inutile, du moins d'un intérêt moins immédiat. Nous ne pensons pas qu'il en soit entièrement ainsi, et si notre modeste contribution à cette vaste étude des eaux peut apporter une aide, si légère soit-elle, aux chercheurs futurs, nous ne connaissons pas de meilleure récompense.

Seule, en effet, une expérimentation patiente et souvent renouvelée peut servir de base aux améliorations de demain; seules, le plus souvent, une répétition des mêmes recherches, une observation toujours intéressée des mêmes phénomènes, provoquent un pas vers la lumière.

Mais nous avons surtout été guidé dans le choix de notre travail par l'intérêt incontestable que présentent les eaux d'alimentation de la ville d'Arcachon. Lieu d'élection de nom-

breux touristes et convalescents, Arcachon se doit de ne pas entraver d'un côté les améliorations qu'elle dispense de l'autre; ensuite et surtout, du fait de son origine et de sa composition singulière, l'eau d'Arcachon suscite un ensemble de problèmes incomplètement résolus et étroitement dépendants dont les solutions ont, pour la santé publique, un intérêt de tout premier plan.

Avant d'entrer au cœur de notre exposé, il nous est bien agréable d'acquitter ici une grande dette de reconnaissance envers ceux qui furent pour nous des conseillers éclairés, des collaborateurs à la bienveillante vigilance.

Notre très vive gratitude s'adresse tout particulièrement à M. le Professeur Mandoul. Savant affable et éclairé, dévoué sans réserve à la grande question bactériologique, il a bien voulu nous faire l'honneur de nous accepter dans son laboratoire avec une spontanéité et une bienveillance particulièrement aimables. Là, tout au long de notre travail, il nous a prodigué les trésors de sa vaste expérience, il nous a fait sentir la mesure de sa remarquable érudition : il n'a compté ni sa peine, ni ses conseils, et l'intérêt qu'il a porté à nos recherches ne s'est point démenti un seul jour : qu'il reçoive ici l'assurance de notre profonde et très respectueuse reconnaissance pour avoir bien voulu accepter la présidence de cette thèse.

En nous suggérant le thème de ce travail, M. le Professeur agrégé R. Sigalas nous a donné une preuve nouvelle de son affectueuse sollicitude; il a maintes fois aplani les difficultés de la route; son aide délicate et ses remarquables conseils nous ont permis de mener à bien notre tâche. Nous l'assurons de tout cœur de notre inaltérable dévouement.

M. le Professeur Sigalas, doyen de la Faculté de médecine et de pharmacie, nous a ouvert avec la paternelle amabilité que tout étudiant lui connaît, les portes de son laboratoire où nous avons pu effectuer de nombreuses mesures physico-chimiques. Nous lui en exprimons ici notre très déférente gratitude. Nous ne saurions oublier, dans l'expression de notre

dette de reconnaissance. M. Basset, assistant du laboratoire de physique, pharmacien des hôpitaux, qui nous a dirigé dans nos recherches et n'a cessé de nous guider par ses précieux conseils.

M. le Docteur Marcotte nous a aidé dans la réalisation de notre travail. Il nous a fait amplement profiter de sa solide compétence relative aux diverses questions qui touchent le problème des eaux. Il nous a fourni une aide dont nous sommes heureux de pouvoir aujourd'hui le remercier, de même que nous savons gré à M. Haillecourt de l'exquise affabilité avec laquelle il nous a toujours reçu. Nous avons souvent eu recours à l'aide toujours aimable des préparateurs du laboratoire municipal : M. Castéra a été plus particulièrement pour nous un collaborateur aussi habile que dévoué, aussi discret que compétent. Ils ont droit à toute notre reconnaissance.

A tous ceux qui se sont intéressés à nos travaux, nous adressons encore un très large merci.

AVANT-PROPOS

Notre étude des eaux d'alimentation de la ville d'Arcachon étant à la fois rétrospective et actuelle, nous avons cru bon, pour augmenter la clarté de notre exposé, de respecter, dans la mesure du possible, l'ordre chronologique des transformations et améliorations relatives à ces eaux, d'après le plan suivant : dans un premier chapitre consacré aux généralités, nous situerons le problème des eaux potables à Arcachon et examinerons la question telle qu'elle se posait vers 1860. Ces généralités seront suivies d'une étude historique de l'eau du lac, c'est-à-dire d'un compte rendu des analyses passées et des particularités que ces analyses mirent en lumière.

Un troisième chapitre traitera des mesures prises en diverses circonstances par les hygiénistes pour améliorer l'eau du lac. Puis, les examens physiques, chimiques et bactériologiques que nous avons effectués sur l'eau actuellement distribuée nous renseigneront sur l'efficacité de ces améliorations et nous conduiront à envisager des perfectionnements nouveaux, dont l'exposé fera l'objet du dernier chapitre de notre travail.

CHAPITRE PREMIER (1)

LES EAUX D'ALIMENTATION DE LA VILLE D'ARCACHON LEUR HISTOIRE ET LEUR ORIGINE

§ 1. — *Régime primitif. Les puits.*

Vastes étendues sans relief, presque entièrement recouvertes de bois de pins, à peu près impropres à toute culture, les Landes étendent leur monotonie des rives de la Garonne à celles de l'Adour. Pas ou peu d'agglomérations sur ce plateau, lentement abandonné par les eaux marines et recouvert de couches superficielles sablonneuses et instables. Les sources y sont presque absentes et les eaux vives très rares.

Dans cette région landaise, la circulation des eaux est fort entravée par un grès imperméable nommé alios, en voie de formation continuelle. Ce grès provient de la décomposition et de l'hydratation de grains ferreux qui existent en faible proportion dans le sable des Landes et sont atteints par l'action des eaux de pluie chargées d'oxygène; il apparaît au niveau hydrostatique, dans la zone où les eaux qui descendent verticalement se dévient en un plan horizontal ou faiblement incliné, c'est-à-dire à peu de distance de la surface du sol (Dollfus). Cette couche aliotique oppose aux eaux sous-jacentes une barrière presque ininterrompue, et l'absence d'eaux jailissantes dont elle est la cause contribue à la médiocrité d'un

(1) Nous devons une grande partie des renseignements inclus dans ce chapitre à un remarquable ouvrage de M. le Docteur Lalesque : *Arcachon, ville de santé*, 1919.

état sanitaire déjà assez précaire. Car les eaux pluviales, incapables de se frayer un chemin vers les couches profondes, s'accumulent faute de pente, demeurent en stagnation durant tout l'hiver et ne commencent à s'évaporer qu'avec les premières chaleurs de l'été.

Dès lors, on devine à quels dangers perpétuels s'expose la population, réduite, le plus souvent, à n'utiliser que l'eau de puisards creusés à fleur de sol.

Une telle situation devait, dans les principales agglomérations des Landes, et en tout premier lieu à Arcachon, provoquer de nombreuses difficultés et nécessiter de laborieux travaux, plus ou moins longs, coûteux et efficaces. Avant d'envisager dans quel sens ils furent entrepris, reportons-nous aux conclusions de Fauré, relatives à une étude approfondie des eaux landaises effectuée aux environs de 1853.

« Ces eaux, dit-il, presque entièrement privées de sels minéraux, ont une couleur jaune brun plus ou moins foncée et contiennent une grande quantité de matières organiques, provenant soit de leur séjour sur l'aliôs, soit de la décomposition des végétaux qui meurent sur ce sol impénétrable. Aussi portent-elles des germes de maladies, trop souvent mortelles, que les chaleurs de l'été développent parmi les populations qui s'en abreuvent, faute d'autres. » Mais, poussant plus avant ses recherches, il en vint à distinguer, dans les Landes, deux nappes liquides superposées et sensiblement différentes. Aux eaux de la première nappe, sous-jacente à l'aliôs à 1 ou 2 mètres du sol, Fauré donna le nom de « eaux aliotiques albumineuses », en raison de leur saveur marécageuse et de leur forte teneur en albumines végétales.

Les eaux de la seconde nappe furent appelées « eaux aliotiques ». Situées à 3 ou 4 mètres de profondeur, elles ont conservé leur couleur, mais ont perdu en partie saveur et odeur, en même temps que l'albumine végétale s'est dépouillée de ses qualités délétères par fermentation et s'est transformée « en une matière extractive en partie résinifiée, sorte d'humus » non nocif (Fauré).

Ces remarquables constatations furent à l'origine des premiers travaux entrepris à Arcachon pour l'obtention d'une eau potable digne de ce nom. Etant prouvé que les eaux gagnent en pureté à mesure que l'on atteint des nappes plus profondes, le Conseil municipal de la commune d'Arcachon vota, le 2 mai 1857, les crédits nécessaires à la construction d'un vaste puits filtrant, profond de 10 mètres au moins et susceptible d'alimenter toute la commune en eau potable. L'idée était excellente, et le Conseil supérieur d'hygiène publique n'en préconise point d'autre lorsqu'il demande, dans ses instructions générales du 12 juillet 1924, « que pour les eaux d'alimentation publique on recherche avant toute autre solution celle qui permet de trouver en quantité suffisante des eaux naturellement pures ou pouvant être rendues pures par des moyens naturels durables : c'est le cas des eaux de sources et de nappes souterraines provenant d'une percolation lente (notamment au travers de terrains sableux) ».

Malheureusement, les résultats furent loin d'égaliser les espérances; les lumières des canalisations employées ne tardèrent point à s'obstruer, en raison de leur faible diamètre, et de nombreuses fissures prirent jour sur les tuyaux, enfouis malencontreusement à fleur de terre, sous la chaussée. Le projet d'alimentation en eau salubre au moyen de puits filtrants fut donc abandonné.

Suivit une période de quelques années durant lesquelles revint en honneur l'usage des puits ordinaires, rares, de débit incertain et perpétuellement contaminés par les souillures extérieures et les infiltrations. Aussi, se propageaient sans entraves de nombreuses maladies d'origine hydrique, et en particulier la fièvre typhoïde. Ces pratiques déplorables ne prirent fin que vers 1864. A cette époque, la population d'Arcachon ne cessant de s'accroître et le débit des puits variant avec l'abondance des pluies, au grand détriment des usagers, la Compagnie des chemins de fer du Midi fit creuser, derrière la gare, un puits artésien de 126 mètres de profondeur. A ce premier puits on en adjoignit un autre de 90 mètres, qui fut

mis en service en même temps qu'un vaste puits filtrant. Ces notables améliorations s'avérèrent toutefois insuffisantes, tellement fut rapide l'extension de la commune d'Arcachon.

§ 2. — *Régime actuel. Le lac de Cazaux.*

On décida alors de chercher ailleurs une solution vraiment définitive et, en 1860, après de nombreuses délibérations, le Conseil municipal conçut l'audacieux projet de capter les eaux du lac de Cazaux. Cette radicale résolution mit fort longtemps à se réaliser. Abstraction faite du manque de crédits nécessaires, l'exécution de tels travaux exigea de laborieuses études, et diverses solutions proposées par les techniciens furent tour à tour envisagées.

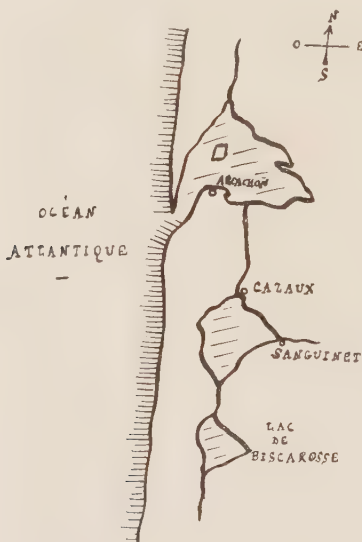
Chargé de l'organisation pratique des travaux, Chambrelent fut très près de faire prévaloir son point de vue. Il préconisait l'amenée des eaux de Cazaux à Arcachon par rigole à ciel ouvert, procédé anti-hygiénique qui, en d'autres villes, avait abondamment prouvé son insuffisance. Un manque de ressources opportunes entrava le début des travaux, et c'est en 1885 seulement que la Compagnie générale des eaux de Paris réalisa le projet de 1860, en remplaçant la rigole de Chambrelent par une canalisation fermée. C'est cette dernière qui, plus ou moins transformée, fournit aujourd'hui à Arcachon les quelque 500.000 mètres cubes d'eau nécessaires chaque année à la vie de sa population.

A. — LE LAC DE CAZAUX.

La région des Landes, située en bordure de la côte Atlantique, offre la particularité d'être ponctuée à intervalles à peu près réguliers de vastes étendues d'eaux, communiquant entre elles, mais séparées de l'Océan par un ourlet de dunes qu'elles ne peuvent franchir. La seule baie que l'on rencontre sur cette côte rectiligne, uniformément dirigée du Nord au Sud sur 240 kilomètres de longueur, est le bassin d'Arcachon qui

coupe nettement en deux le chapelet des lacs landais. Tout en haut du littoral girondin, le lac de Hourtia, encore appelé lac de Carcans, étale ses eaux tranquilles; il communique par un étroit canal avec son frère cadet l'étang de Lacanau, lequel se jette à son tour dans le bassin d'Arcachon par l'intermédiaire de la Lège, ou chenal des étangs.

A 14 kilomètres au sud du bassin d'Arcachon, et communiquant avec lui, se trouve le lac de Cazaux, respectable entre tous par la remarquable étendue de ses eaux limpides. Il com-



muniquait autrefois avec l'Océan « par un chenal profond, au lieu dit : le Gurc de Maubrucq. Ce chenal fut comblé par les sables vers la fin du ^{xiv}^e siècle » (Clavel). Aujourd'hui, il se déverse en partie dans le lac de Biscarrosse, situé nettement plus au sud; lorsque nous aurons encore cité le lac d'Aureillan, relié à celui de Biscarrosse par le courant de Sainte-Eulalie, nous aurons à peu près épuisé la nomenclature de ces calmes étangs, si avantageusement connus pour leur pittoresque beauté.

La présence de ces étendues d'eaux séparées de la mer par

des dunes abruptes n'a jamais cessé d'intéresser le monde des savants. De nombreuses recherches ont été entreprises pour déterminer l'origine de ces lacs, et chacun, selon ses convictions personnelles, a échafaudé des explications décisives. Nous ne saurions, à ce sujet, passer sous silence les méthodiques travaux de M. le Docteur Lalesque, travaux qui ont mis un lumineux point final à cette question, fort controversée.

Si nous éliminons d'emblée, en raison de ses faibles fondements, l'hypothèse suivant laquelle le lac de Cazaux serait alimenté par de puissantes sources situées en son milieu, nous nous trouvons en face de deux doctrines. Selon la première en date, les lacs landais seraient des lacs de barrage, formés par des collections d'eaux descendues du plateau voisin et arrêtées par les dunes dans leur marche vers la mer. Modestes étangs à l'origine, ils auraient pris, par l'apport incessant des eaux de ruissellement, l'aspect que nous leur connaissons. A cette explication, qu'oppose la seconde doctrine ? Elle affirme « que l'apparition des dunes a agi, non par barrage des eaux landaises, mais par transformation de baies marines, d'estuaires, en petites mers fermées, sans écoulement dans la grande, et dont l'eau salée aurait fini par devenir douce.

» L'histoire a conservé le souvenir du port d'Anchise, qui était où est l'étang de Lacanau » (Hameau).

A cette théorie on a vite objecté que les fonds de tous les lacs landais étant au-dessus du niveau des plus basses mers leur origine marine était fort contestable. Or, la réalité est tout autre : seuls les lacs de Hourtin et de Lacanau sont justiciables de cette affirmation, et la découverte des œuvres manuscrites d'un cartographe du ^{xvii}^e siècle, Claude Marse, permet d'affirmer qu'en 1695 existaient à l'emplacement actuel des deux lacs précités des fosses très inférieures comme niveau à celui de la mer. A cet argument lourd d'intérêt, M. le Docteur Lalesque a ajouté de nouvelles preuves, exclusivement scientifiques, et qui mettent fin sans retour à cet historique débat. En collaboration avec M. Paul Bergeon, le Docteur

Lalesque a procédé à de nombreux et instructifs sondages. Il a ainsi déterminé que le fond du lac de Cazaux n'est pas uniquement sableux. On trouve « dans les grands fonds une vase grise et compacte, le plus souvent recouverte d'une couche de sable, épaisse près des rives, moindre ou nulle dans les grands fonds ». Or, cette couche vaseuse est marine et semblable aux blocs de vase rencontrés sur le rivage de l'Atlantique. De plus, elle contient des diatomées marines et mortes, alors qu'à des fonds moindres on identifie aisément des diatomées d'eau douce, et vivantes.

Ainsi se trouve expliquée en faveur de la seconde doctrine l'origine des lacs landais.

Celui de Cazaux, de forme triangulaire, couvre une superficie de 5.608 hectares. Le volume des eaux, exclusivement météoriques, est de 450 millions de mètres cubes. « Sa largeur maximum, de Peyroutas à Sanguinet, est de 10 kilomètres; sa longueur, du nord au sud, atteint 11 km. 500 ». Sur ses rives, les agglomérations sont rares et fort distantes les unes des autres. Sanguinet, à l'est, est la plus importante, et Cazaux, village jadis fort modeste, a pris un essor inespéré par suite de l'installation d'un camp d'aviation considérable dans ses environs immédiats. Le lac, nous l'avons mentionné, communique, d'une part, avec l'étang de Biscarrosse, d'autre part, avec le bassin d'Arcachon. Le canal qui le réunit à ce dernier prend naissance au niveau de la gare de Cazaux, à quelque 80 mètres de la prise d'eau actuelle, pour se terminer tout à côté de La Hume, et fut creusé par l'ancienne Compagnie des Landes. La présence de ces deux déversoirs assure l'écoulement des eaux, qui ont tendance à se déplacer du nord au sud.

D'après Delebecque, il occupe le point culminant de la région, puisque son altitude est de 20 m. 65; ses plus grands fonds, atteignant 22 m. 30, se trouvent donc à 2 ou 3 mètres au-dessous du niveau de la mer. On retrouve au sein même du lac l'inclinaison générale du plateau des Landes, d'est en ouest. Ceci explique que ses eaux présentent, selon la région

où on les considère. des colorations très différentes. Sur la rive orientale, des hauts fonds sablonneux de 0 m. 50 à 1 mètre donnent à l'eau un aspect jaune clair, mais à mesure que l'on gagne le large cette coloration s'atténue et passe brusquement au vert foncé, par suite d'une rapide augmentation de profondeur. De plus, on constate fort bien, au centre de ce plateau sous-marin, la présence d'un chenal gagnant continuellement en largeur et en profondeur depuis la rive orientale jusqu'au voisinage des dunes. Ce chenal, dont le fond est parfois inférieur de 10 mètres aux fonds environnants, n'est autre que l'ancien lit d'une petite rivière, la Gourgue, en partie submergée lors de la formation du lac.

Mentionnons enfin que, selon les lieux considérés, les fonds du lac sont constitués soit de sables purs, soit de sables vaseux et que des bois épais, rarement interrompus, disputent pied à pied à cette masse liquide un sol avare et sablonneux dont ils sont le seul mais remarquable ornement.

B. — LA CONDUITE D'AMENÉE DES EAUX.

Alimenter en eau potable une ville de l'importance d'Arcachon en ayant recours à un lac situé à 17 kilomètres, est toujours une œuvre délicate et généralement riche en difficultés. En fait, dans le cas qui nous occupe, les techniciens chargés de résoudre le problème ont été favorisés par la sensible déclivité qui pousse tout naturellement les eaux du lac de Cazaux vers Arcachon. Il n'en faudrait pourtant pas conclure que la chose fut aisée : les transformations diverses que subit le puits de prise en plusieurs circonstances en font largement foi. Pour la commodité de notre exposé, nous envisagerons successivement

- a) le puits de prise;
- b) la conduite d'amenée des eaux proprement dite;
- c) les réservoirs de distribution;
- d) les canalisations de distribution en ville.

a) *Le puits de prise.* — A l'origine, en 1886, la prise d'eau comprenait :

1° Un chenal de 58 mètres de longueur sur 2 m. 20 de largeur, constitué de pieux moisés et de palplanches;

2° Une chambre découverte de 5 m. 80 sur 4 m. 10, établie comme le chenal et commandée par une grille de 2 mètres de largeur sur 1 mètre de hauteur;

3° Une chambre couverte de 5 m. 80 sur 4 mètres, établie comme la précédente, mais munie d'un plancher et commandée par deux châssis mobiles, garnis de toile métallique;

4° Un regard carré en béton de ciment, de 1 m. 20 de côté, renfermant 1 robinet-vanne de 0 m. 60 commandant la conduite de dérivation de 0 m. 60.

En 1897-1898, le canal en palplanches et la chambre, désormais en mauvais état, furent remplacés par :

1° Un puits de prise fondé sur béton de ciment et consistant en un cylindre vertical de 1 mètre de diamètre, portant vers la base et sur sa face antérieure une tubulure de 0 m. 80 de diamètre, commandée par une grille mobile, et sur la face postérieure une tubulure de 0 m. 60 de diamètre. amorce d'une dérivation en tuyaux fer et ciment de 0 m. 60 établis sur 58 mètres de longueur. Puits de prise et conduite étaient protégés par des pieux battus et moisés, la partie entourant le puits de prise, recouverte, fournie de palplanches et protégée d'un enrochement de gros moellons; l'autre partie sans palplanches, mais également couverte et formant chemin d'accès au puits de prise.

2° Une chambre de décantation couverte, de 4 m. 25 sur 2 m. 95, en deux compartiments : le compartiment amont, commandé par un robinet-vanne de 0 m. 60, le compartiment aval par trois châssis mobiles en bronze, munis de toile métallique également en bronze.

En 1899, sur la demande de la ville, et pour des raisons que nous examinerons dans le prochain chapitre, la prise fut reportée à 100 mètres en amont et munie d'une seconde tête exactement semblable à la première, la grille de celle-ci étant

reportée en tête. En 1927-1928, à la suite d'une très forte aspiration motivée par une longue période de sécheresse, une grande quantité de sable et de vase pénétra dans la prise. M. le Docteur Marcotte proposa aussitôt de surélever l'entonnoir de prise de 1 m. 80, de manière à l'amener à la cote de 20 m. 22, la cote des plus hautes eaux étant à 21 m. 72 et celle des plus basses eaux à 20 m. 61. De plus, il suggéra de remplacer la pénétration horizontale de l'eau par une pénétration verticale de haut en bas. Le tout fut approuvé par la Commission d'hygiène et exécuté par la Compagnie des eaux. Les travaux, commencés en 1927, et mal exécutés une première fois, ne furent définitivement terminés que le 1^{er} mars 1928. La prise se compose donc présentement : d'un premier puits, prenant l'eau à la cote 20 m. 22, protégé par une chambre de pieux moisés et palplanches enrochée de gros moellons; d'une dérivation en tuyaux fer et ciment de 0 m. 60 sur 100 mètres de longueur et assemblés à l'aide de joints étanches en caoutchouc. Cette dérivation est munie, à son point de départ de la tête de prise, de grilles en toile métallique, et vient déboucher dans un deuxième puits, protégé comme le premier. Une nouvelle dérivation en tuyaux de fer et ciment, de 0 m. 60 sur 58 mètres de longueur, lui fait suite et aboutit à une chambre de décantation en maçonnerie et ciment. Cette chambre, couverte et fermée, présente intérieurement deux compartiments de décantation, séparés par des treillis à mailles fines, et c'est du compartiment situé en aval que part la conduite d'adduction des eaux vers Arcachon.

b) *La conduite d'amenée des eaux proprement dite.* — Cette conduite a une longueur totale de 16.400 mètres. Sur les 10 premiers kilomètres, elle est en béton de ciment, et son diamètre est de 0 m. 60; les 6.400 mètres qui suivent sont en fonte, avec un diamètre de 0 m. 50.

Elle part de Cazaux à la cote de 19 m. 85, et sa partie amont est munie de nombreux regards, nivelés suivant les plus hautes eaux du lac. Sur une longueur de 9.600 mètres, elle suit la voie du chemin de fer de La Teste à Cazaux et présente, au

lieu dit le Becquet, un déversoir établi à la cote 20 m. 45. Elle longe ensuite, pendant plus de 5 kilomètres, le chemin d'intérêt commun n° 144 et possède, route de Cazaux, vers le passage à niveau du pont du Saous, une cheminée d'équilibre et d'aérage. Ayant traversé la ville de La Teste, elle emprunte la voie des chemins de fer de la Compagnie du Midi et vient déverser ses eaux dans les réservoirs bas de la ville d'Arcachon, à la cote de 16 m. 30.

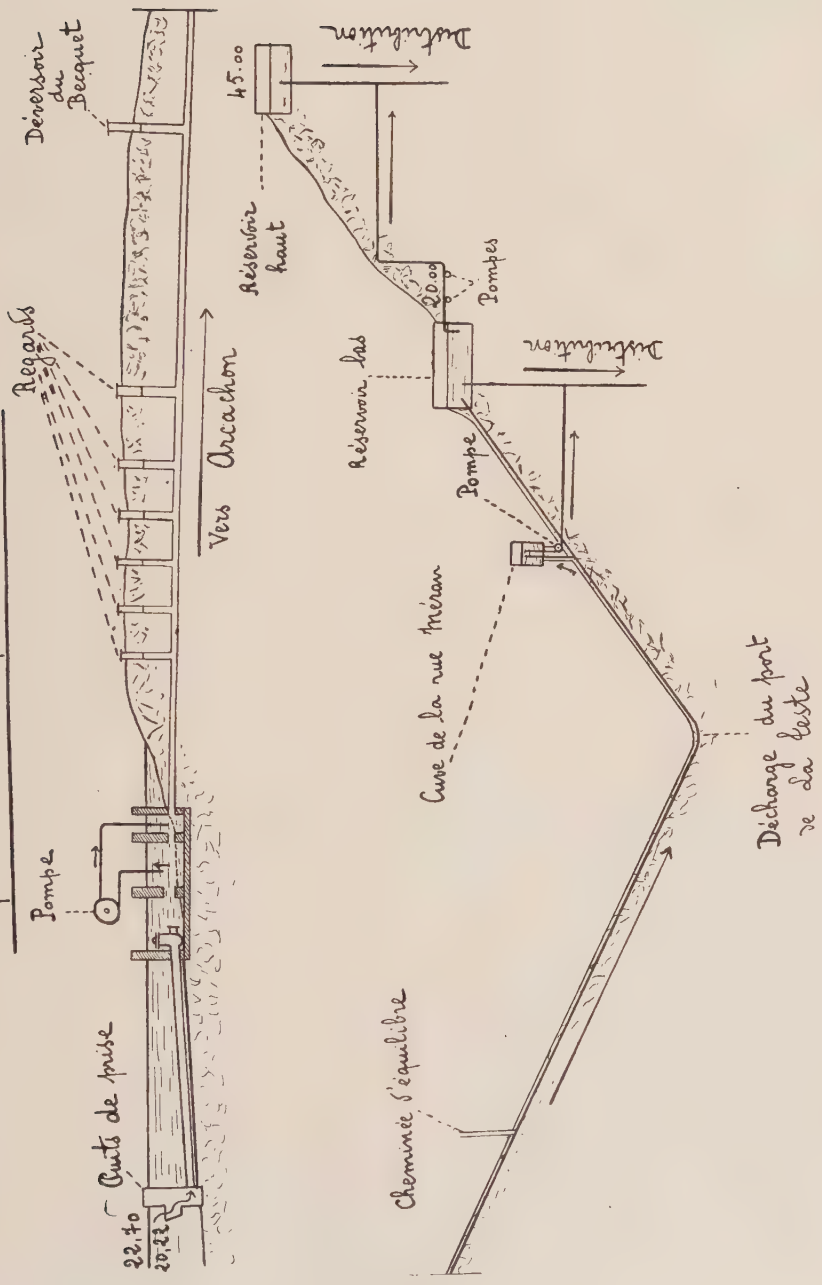
Comme on peut le constater sur le croquis ci-joint, cette conduite n'est en charge qu'à partir du déversoir du Becquet.

c) *Les réservoirs de distribution.* — Les réservoirs bas, au nombre de deux, sont construits en maçonnerie et ciment; ils sont situés à quelques mètres l'un de l'autre, sur le terrain de l'usine élévatoire de la rue Victor-Hugo. D'une contenance de 1.250 mètres cubes chacun, ils desservent la ville basse. Pour alimenter la ville d'hiver, atteignant 40 mètres, on a établi une usine élévatoire qui s'alimente dans les réservoirs bas et refoule l'eau nécessaire dans un groupe de 5 cuves en maçonnerie et ciment dites « réservoirs hauts ». Ces réservoirs, situés à 300 mètres environ de l'usine, ont une capacité globale de 2.550 mètres cubes.

d) *Les canalisations de distribution en ville.* — L'eau est distribuée en ville par un réseau de canalisations de 4.000 mètres de longueur, dont le diamètre varie entre 0 m. 06 et 0 m. 35. Ces canalisations, primitivement en fer, sont aujourd'hui, pour une certaine part, en fibro-ciment. Les conduites de faible diamètre qui leur font suite sont, soit en cuivre, soit en fer, soit plus rarement en plomb. Le nettoyage des canalisations de fort diamètre se fait à l'aide de vannes de décharge placées sur les points bas et aux diverses extrémités du réseau.

Le service décrit ci-dessus fonctionne neuf mois de l'année. L'été, la dérivation étant insuffisante, la cote de départ est élevée à quelque 22 mètres au moyen d'une pompe établie à Cazaux; et celle d'arrivée abaissée à 13 m. 20 au moyen d'une dérivation piquée sur la conduite d'amenée et portant l'eau dans une cuve de relais de 100 mètres cubes, édifiée sur les

Croquis Schematic du service



terrains de la vieille usine de la société immobilière, cours Desbiey. De cette cuve, les eaux sont alors refoulées dans la distribution maîtresse des réservoirs bas, ceux-ci fonctionnant à ce moment comme volant.

De toute manière, la côte de charge minimum du service bas est de 16 mètres et celle du service haut atteint 42 mètres. Tel est, schématiquement expliqué, le profil général de la canalisation souterraine qui, du lac de Cazaux, amène à Arcachon l'énorme quantité d'eau nécessaire à sa vie journalière.

CHAPITRE II

LES EAUX DU LAC DE CAZAUX LEURS CARACTERES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES

Comme nous l'annoncions dans notre avant-propos, nous nous sommes efforcé, dans cette partie de notre travail, à considérer les eaux de Cazaux au triple point de vue physique, chimique et bactériologique, en suivant, le plus possible, l'ordre chronologique des événements. Du jour où il fut décidé de capter les eaux de Cazaux, on fit bientôt procéder à de nombreuses analyses qui fournirent de très solides renseignements sur le degré de potabilité de ces eaux. Mais ce n'est qu'après en avoir fait un usage prolongé que certains inconvénients prirent corps, que certaines défauts se manifestèrent.

C'est pourquoi nous envisagerons d'abord les analyses passées avec leurs conclusions générales, puis les imperfections qui, se précisant un peu plus chaque jour, entraînèrent une série de modifications dont nous parlerons dans le chapitre III.

§ 1. — *Caractères physiques.*

« La décantation et la lumière sont les agents les plus actifs de l'épuration des eaux », ainsi s'expriment J. Ogier et Ed. Bonjeau dans un article consacré à l'étude chimique et microscopique des eaux. Pour apprécier toute la valeur de ces mots, il suffit de se rappeler que, de tous les procédés préconisés pour purifier une eau, la décantation est le plus rationnel et le plus simple à mettre en œuvre. Nombreuses sont les villes

qui, depuis longtemps, l'ont compris et ont réalisé de coûteuses installations pour se procurer une eau saine par un moyen que la nature emploie, chaque jour, sous nos yeux.

En effet, comme le fait judicieusement remarquer M. le Docteur Lalesque, il n'existe pas de différence entre les bassins de décantation construits par la main de l'homme, et ces autres bassins, combien plus importants, que constituent les lacs naturels. « Les lacs, en assagissant les eaux des rivières qui les alimentent, jouent le rôle de décanteurs. » (Lalesque.) C'est pour cela que le lac du Bourget fournit l'eau à Chambéry, le Léman à Genève, le lac de Zurich à Zurich, le Michigan à Chicago, le Katrine à Glasgow, pour n'en citer que quelques-uns.

Aussi ne sommes-nous point étonné, dans le cas qui nous occupe, que les eaux du lac de Cazaux aient toujours paru remarquables de limpidité à ceux qui songeaient à les capter pour en alimenter Arcachon. Aux premières analyses, leurs qualités physiques se révélèrent excellentes : ces eaux sont, en effet, strictement inodores; leur saveur est fraîche et assez agréable, leur coloration, très légère, ne devient perceptible que sous fortes épaisseurs : elles paraissent alors légèrement verdâtres. Elles sont douées, en outre, d'une limpidité parfaite, comme le prouvent les expériences effectuées par Delebecque et M. le Docteur Lalesque au moyen du disque de Sacchi.

Malheureusement cet ensemble de qualités naturelles, propices à l'éclosion d'une faune abondante et d'une flore variée de plantes à chlorophylle, n'empêcha point l'eau du lac de Cazaux de se troubler abondamment au cours de son transport et de sortir fort adultérée des canalisations particulières d'Arcachon. Quelles furent les origines de ce trouble? Nous allons l'étudier en détail en abordant l'étude chimique des eaux du lac. Nous nous bornerons à dire ici qu'en dehors des troubles d'ordre chimique est récemment survenu un trouble nouveau, intermittent il est vrai, mais fort désagréable pour les usagers.

« Au début de l'été 1926, l'augmentation de la population par l'apport étranger devint rapidement telle que la distribu-

tion quotidienne dut passer de 3.000 à 6.000 mètres cubes, à quoi ne put suffire, comme de coutume, l'apport par dénivellation et nécessita, au lac, une aspiration très forte. Cette aspiration mit en mouvement sables purs ou sables vaseux sous-jacents à la bouche d'appel. Par suite de l'aspiration qu'exigeait le débit estival, ils purent pénétrer dans les canalisations, même dans celles des particuliers, et s'éliminer, tantôt sous forme de grains isolés, tantôt sous forme de dépôts. » (Lalesque.)

Cette défectuosité d'ordre purement mécanique était justifiable d'une prompt intervention. Nous verrons dans quel sens elle fut dirigée et quels en furent les premiers résultats.

§ 2. — *Caractères chimiques.*

Il nous faut rétrograder de plus d'un demi-siècle pour revenir à l'époque où fut effectuée pour la première fois l'analyse chimique de l'eau de Cazaux. Les méthodes alors employées par les savants hygiénistes, les techniques dont ils disposaient, le matériel dont ils faisaient usage, étaient loin de présenter la rigueur et la commodité que nous leur connaissons aujourd'hui. Ils n'en avaient que plus de mérite à nous transmettre des conclusions dont on admire la solide résistance au contrôle du temps, en l'espèce, des techniques modernes.

J.-B. Dumas fut, en 1868, le premier à s'occuper des eaux de Cazaux; après lui, nous citerons, Robinet, puis Fauré, dont l'étude nous est encore précieuse, tant par sa rigueur que par son étendue. En 1885, Brosse reprit la question, suivi à quelques années de Carles, puis de Blarez. Enfin, en 1914, M. Mérimon dota le dossier des eaux d'Arcachon d'une remarquable étude poursuivie sur place durant plusieurs mois, étude qui reste pour nous le meilleur document sur lequel nous puissions nous appuyer. C'est pourquoi ses conclusions nous serviront de point de départ pour examiner la composition des eaux de Cazaux et montrer que tôt ou tard de notables améliorations devaient être entreprises pour donner à tous entière satisfaction.

A. — LES EAUX DE CAZAUX SONT DES EAUX TRÈS PURES.

Lorsqu'on compare les différentes conclusions d'analyses chimiques effectuées sur les eaux qui nous occupent, on est rapidement surpris de constater la contradiction suivante : la plupart des analystes, en particulier ceux qui ont procédé sur place à leurs recherches, affirment très haut que les eaux de Cazaux sont d'une potabilité parfaite. D'autres, au contraire, directeurs de laboratoires de Paris ou de province, nient à cette eau toute valeur hygiénique et la proscrivent catégoriquement de l'alimentation.

Cette divergence d'opinions, pour aussi curieuse qu'elle puisse paraître, ne présente rien d'alarmant et mérite explication. Prenons, parmi celles de tant d'autres, une analyse de M. Mérignon. En voici les résultats :

Extrait à 100°	0 g. 118.
Cendres	0 g. 079
Degré hydrotimétrique total	1 g. 95
Degré hydrotimétrique permanent	1 g. 95
Oxygène (dosé par permanganate)	4 cc. 011.
Matières organiques (évaluées en mg. d'oxygène emprunté au permanganate) en milieu acide	4 mg. 2
Matières organiques (évaluées en mg. d'oxygène emprunté au permanganate) en milieu alcalin	2 mg. 9
Matières organiques (évaluées en acide oxalique) en milieu acide	0 g. 0336
Matières organiques (évaluées en acide oxalique) en milieu alcalin	0 g. 0232
Azote des matières albuminoïdes	0 g. 000034
Ammoniaque	0 g. 000311
Azotates en NO^3K	0 g. 000994
Azotates en NO^2H	0 g. 00062
Azotites	Néant.

Chlorures, en ClNa	0 g. 06235
Chaux totale en CO^3Ca	0 g. 02
Sulfate de chaux	0 g. 01088
Acide sulfurique :	
En SO^3	0 g. 006
Total	0 g. 11294
Extrait	0 g. 118
Total	0 g. 11294
Différence	0 g. 00506
Magnésie, silice, fer, etc.	0 g. 00506

Ces résultats ne peuvent concorder absolument avec ceux d'analyses effectuées par d'autres savants à plusieurs années de distance, pas plus, nous le verrons, qu'ils ne correspondent, chiffre pour chiffre, aux résultats de nos propres analyses, ce qui serait fort surprenant; mais il est des composants qui se retrouvent, d'une analyse à l'autre, avec une remarquable constance. A considérer les résultats de M. Mérignon, comment ne pas être frappé de la forte proportion de chlorures et de matières organiques contenues dans ces eaux, la présence de nitrates ne montrant pas, en raison de sa faiblesse, de retenir l'attention. Les deux éléments précités dépassent, et de beaucoup, en quantités, les concentrations habituelles, et sont les grands responsables de l'ostracisme dont certains savants ont frappé les eaux de Cazaux, pourtant fort inoffensives. Les apparences, il est vrai, sont bien faites pour les desservir; ce n'est point sans motif que le Congrès pharmaceutique de Bruxelles de 1885 a fixé à 2 milligrammes l'ultime quantité de matières organiques compatible avec la potabilité, et 6 centigrammes de chlorures par litre incitent à considérer une eau avec grande méfiance.

Mais n'oublions pas qu'en matière d'expertise et en particulier lorsqu'il s'agit des eaux, le résultat brut, celui que seuls donnent les chiffres, n'a qu'une signification restreinte, infirmée par des considérants de prime abord fort négligeables.

Depuis quelques années, on tend plus nettement que jadis

à sortir du cadre rigide imposé par les chiffres, à chercher des interprétations plus élastiques, partant plus rationnelles.

La présence, en quantité anormale, d'un élément quelconque, ne saurait systématiquement faire éliminer une eau de la consommation : les limites au delà desquelles une eau cesse d'être potable ne gardent en effet leur valeur qu'à condition d'examiner très attentivement la nature géologique du terrain d'où émerge cette eau. Et, à prendre ces considérations pour base, on acquiert vite la certitude que les eaux de Cazaux sont réellement salubres.

A. Guilbert affirme, dans ses notions d'hydrologie appliquée à l'hygiène, que « la présence de ClNa dans l'eau n'offre pas d'inconvénient si ces chlorures ont une origine naturelle, s'ils viennent du sol traversé... Il arrive d'ordinaire, dans les régions voisines de la mer, que les doses de chlorure de sodium sont assez élevées », que sur le « littoral, parfois jusqu'à 13 et 20 kilomètres dans les terres, le chlorure de sodium marin se surajoute encore au chlore normal du gisement géologique. »

En étudiant la nature des eaux de Cazaux, leur origine, leur régime, leur mode de ruissellement, on voit que la citation de Guilbert leur est entièrement applicable. Et ainsi se trouve dissipée une partie du malentendu.

Reste la très importante question des matières organiques : leur présence excessive est considérée comme le critérium le plus sûr de pollution des eaux. Mais l'absolu n'a pas davantage sa place en chimie qu'il ne l'a en d'autres domaines. Il existe des eaux très chargées en matières organiques et cependant potables. Pour interpréter cette affirmation d'aspect contradictoire, il suffit de se rappeler que la totalité des eaux alimentant Cazaux chemine durant de longs jours à travers des bois épais. Les débris végétaux, feuilles, racines, écorces, macèrent dans ces eaux et finissent par s'y désagréger, augmentant, d'une façon très sensible, leur teneur en matières organiques.

Mais ces matières organiques, d'origine purement végétale,

ne sauraient passer pour suspectes. L'expérience confirme, d'ailleurs, en tous points, cette explication et montre qu'une grande prudence et une grande documentation doivent toujours être à la base d'une conclusion analytique.

Nous allons, à nouveau, en avoir la confirmation.

B. — PURETÉ N'EST PAS TOUJOURS SYNONYME DE POTABILITÉ.

Si nous reprenons les chiffres de M. Mérygnon cités précédemment, nous constatons aussi que les eaux de Cazaux ont un degré hydrotimétrique anormalement faible. Cet indice d'infime minéralisation, est une autre conséquence de leur origine météorique; par suite de cette absence presque absolue de matières minérales et particulièrement de chaux, elles offrent une composition très proche de celle de l'eau distillée, fait d'ailleurs à peu près négligeable, si l'eau du lac était destinée à une consommation sur place, après très court passage dans les canalisations. Mais tel n'est pas notre cas, et leur long cheminement, dans les 17 kilomètres de conduite qui séparent Cazaux d'Arcachon, peut entraîner des modifications nuisibles à leurs qualités alimentaires. Ainsi, une eau potable, chimiquement parlant, lors de sa captation, peut devenir, du fait de son excès de pureté, douteuse, lors de sa distribution. C'est ce que constatèrent les hygiénistes dès les premiers temps de mise en service du nouveau régime des eaux et, plus tard, au printemps 1896, à la suite d'une période de sécheresse prolongée.

C. — LES EAUX TRÈS PURES ATTAQUENT LES MÉTAUX.

Comment s'expliquer ce phénomène? On a remarqué depuis fort longtemps que les eaux très pures; pauvres en chaux, mais riches à la fois en oxygène et gaz carbonique, et tout particulièrement les eaux acides ayant longtemps séjourné dans les terrains tourbeux riches en acides humiques, corrodent facilement le plomb si couramment employé pour sa malléabilité, le fer, le cuivre, le zinc, etc.

L'attaque du plomb est évidemment celle qui nous occupera en premier lieu, en raison de sa gravité et de son importance dans le problème des eaux d'Arcachon. Le saturnisme qu'elle provoque n'est pas une maladie contemporaine; de tous temps, on en a constaté les effets sans d'ailleurs s'en émouvoir outre mesure, jusqu'en 1849, date à laquelle la famille d'Orléans, séjournant au château de Claremont, fut intoxiquée par des eaux provenant de citernes en plomb. A l'analyse, les eaux incriminées contenaient 14 milligrammes de plomb par litre. De ce jour, le saturnisme fut soumis à une surveillance plus rigoureuse, ce qui ne l'empêchera pas de commettre, chaque jour, de nouveaux méfaits. Nous citerons de graves et très nombreux cas de saturnisme survenus en 1913 à Guisborough, ville de 7.000 habitants, du Yorkshire. De même, l'eau de Wakefield est si acide qu'elle dissout en 12 heures 0 g. 55 à 1 gramme de plomb par litre. Mentionnons encore que la station balnéaire de Gornia-Banā, en Italie, et la ville de Saïgon furent souvent visitées par ce genre particulier d'épidémie (L. Vernin).

L'attaque des métaux est due, comme nous l'avons signalé, à un certain degré d'acidité des eaux, acidité de CO_2 libre et aussi, nous en avons la conviction, acidité des acides humiques; les terrains des Moorlands anglais sont, en effet, avec les terrains des Landes ceux qui présentent la plus forte teneur en acides humiques. Ceci explique que les propriétés corrosives des eaux d'Arcachon sont dues, en grande partie, à ces acides et non exclusivement à un excès de CO_2 libre, non saturé du fait de l'absence de chaux.

Ces eaux acides dissolvent non seulement le plomb pur, mais le plomb allié à d'autres métaux, et sont, il est vrai, d'autant plus corrosives qu'elles contiennent plus d'oxygène et de gaz carbonique; avec l'aide de ces derniers, prennent naissance des oxydes de plomb, partiellement transformables en carbonates de plomb. Ajoutons que la dissolution est favorisée par la présence de chlorures et de nitrates.

Les eaux trop pures et trop acides et, en particulier, les eaux

de ruissellement collectées sur le plateau landais peuvent donc, après contact prolongé avec des tuyaux en plomb, provoquer de sérieuses intoxications. Lorsque ces eaux ne doivent leur agressivité qu'à une hyperacidité d'origine humique, tout en présentant une composition chimique normale, en ce qui concerne la chaux et par suite CO_2 , la corrosion ne peut être de longue durée. Elle tend vite à s'atténuer et à disparaître. Beaucoup d'eaux naturelles ont, en effet, une composition telle qu'il se dépose à l'intérieur des tuyaux de plomb une couche protectrice; c'est notamment le cas des eaux riches en carbonate acide; par catalyse, celui-ci se décompose en acide libre et en carbonate neutre, qui forme un dépôt cristallin et adhérent, ceci d'autant plus rapidement que la teneur en carbonate acide est plus élevée. En ce qui concerne les eaux du lac de Cazaux, il ne faut rien espérer d'une amélioration progressive par formation de cet enduit : leur trop grande douceur alliée à leur forte acidité humique s'y oppose absolument, et c'est à cette situation défavorable que nous faisons allusion au début de ce paragraphe en disant : la pureté des eaux, c'est-à-dire leur manque de matières minérales, peut parfois amoindrir leur potabilité. Il n'est donc pas exagéré de dire que les hygiénistes et la municipalité d'Arcahon se trouvèrent aux prises avec de graves problèmes du jour où l'eau de Cazaux fut captée pour l'alimentation de la ville.

Notons, en passant, que les intoxications jusqu'alors assez peu nombreuses, et, de ce fait, peu alarmantes, ne se révélèrent jamais si multiples qu'au printemps 1896, plus de 40 ans après la fin des travaux. A cette époque, une sécheresse anormale provoqua une baisse sensible des eaux du lac, si bien que l'eau captée par la prise se trouva être l'eau de surface, riche en CO_2 et en NO_2H et attaquant le plomb au maximum (Mérignon). Cette recrudescence s'atténua avec la venue de l'automne, mais les cas de saturnisme n'en demeurèrent pas moins à l'état endémique, trop graves et trop nombreux.

En résumé, bien que consommant une eau originellement

excellente, les usagers d'Arcachon furent souvent sujets à des intoxications chroniques dues à la corrosion des canalisations en plomb utilisées chez un certain nombre de particuliers.

L'eau de Cazaux, susceptible d'attaquer le plomb, attaque encore le fer avec énergie, sans que cette attaque présente d'ailleurs, pour le consommateur, d'inconvénients majeurs. Le fer ainsi arraché aux conduites demeure parfaitement inoffensif bien qu'il communique aisément à l'eau un aspect peu engageant. Entre Cazaux et Arcachon, la nature des canalisations (fer et ciment, fonte), la vitesse de propagation des eaux, leur volume considérable, se prêtaient mal à une corrosion sensible. Si, au cours de nos analyses, nous avons prélevé sur ce trajet des eaux troublées par l'hydrate de fer, ce dernier s'y trouvait pour des raisons anormales que nous examinerons plus loin. La plus grande partie du mal se faisait à Arcachon dans les branchements extérieurs aux domiciles particuliers, branchements qui relient ces derniers aux canalisations maîtresses et sont entièrement en fer. C'est là que la corrosion était la plus intense, sous préjudice d'aggravation dans un grand nombre de conduites particulières également en fer.

Par contact prolongé avec l'eau, le fer subit en effet une oxydation partielle qui se manifeste par l'apparition d'un trouble verdâtre; puis, l'oxydation s'intensifiant, un précipité d'oxyde de fer III, abondant et rougeâtre, le remplace bientôt.

Ouvrons ici une parenthèse pour déterminer, d'une manière plus détaillée, le processus de la corrosion métallique dont le mécanisme intime est lumineusement relaté dans un article de M. Lasausse sur *Les travaux américains et anglais sur la corrosion métallique*. Nous ne pourrions mieux faire que de rapporter *in extenso* les passages essentiels de cet article : « Dans ces dernières années, dit-il, les chimistes américains et anglais ont étudié la théorie du phénomène de corrosion métallique et en ont précisé, avec un soin particulier, les détails d'application.

» La première étape du phénomène de corrosion métallique est une réaction électrolytique.

» Si nous prenons l'exemple du fer au contact d'un milieu acide, les ions H du milieu cèdent leur charge électrique au fer métallique d'après la réaction :



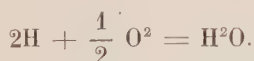
» Dans cette réaction, certaines impuretés peuvent jouer un rôle favorisant important. En présence du fer, elles forment l'électricité + d'une pile dont le fer est l'électrode —, électrode soluble par conséquent.

» L'H fourni dans la réaction (1) est très actif sous sa forme atomique. Il peut se combiner à lui-même pour passer à l'état moléculaire :

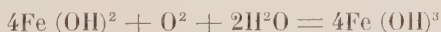


et alors, tantôt il se dégage à l'état libre, si la force électromotrice de la pile qui lui donne naissance est suffisante, tantôt il forme à la surface du métal une enveloppe gazeuse qui suspend l'attaque.

» Quand le milieu liquide renferme de l'O en solution, l'H atomique, au lieu de passer sous la forme moléculaire, s'oxyde immédiatement avec production d'eau.



» Enfin, l'O étant en excès, le fer ionisé dans la transformation (1) tend à passer au maximum. Cette dernière transformation peut s'écrire sous forme d'équation chimique en considérant uniquement la base des sels ferreux formés



» On sait que les sels ferriques sont facilement hydrolysables et que la base $\text{Fe}(\text{OH})^3$, extrêmement faible, possède une solubilité très peu élevée, aussi tend-elle à précipiter.

» La corrosion du fer peut donc se présenter, selon les con-

ditions qui l'accompagnent, soit comme un simple phénomène d'usure par dissolution du métal, soit comme un phénomène d'oxydation.

» 1° La plus lente de ces réactions réglera évidemment la vitesse de l'ensemble.

» 2° La concentration acide, ou plus exactement la concentration en ions H, interviendra dans le phénomène.

» 3° La présence ou l'absence d'O modifiera l'aspect que pourra présenter celui-ci;

» 4° Enfin, la vitesse de diffusion de l'O à travers la masse liquide pourra, dans certains cas, jouer un rôle prépondérant et, par conséquent aussi, la température, qui modifie si rapidement cette vitesse. Quand le PH est élevé et égal à 10 ou 11, la réaction (1) a une vitesse très faible, et, par conséquent, impose sa faible vitesse à la corrosion. Autrement dit, la réaction (1), en milieu alcalin, n'a pas grande tendance à se produire.

» Quand le PH est compris entre 11 et 5, ce qui est le cas des eaux naturelles, la vitesse de diffusion de l'O beaucoup plus que la vitesse de la réaction (2) influence le phénomène dans les milieux oxygénés. On voit que, dans ces conditions, la concentration en ions H a une influence prépondérante sur l'usure du fer. Dès que PH atteint 4,5, l'H apparaît sur le fer et les bulles gazeuses se dégagent pour $PH = 4$.

» Ces deux derniers chiffres n'ont d'ailleurs qu'une valeur de repérage. Ils peuvent s'abaisser notablement quand le fer renferme certaines impuretés métalliques. La libération de bulles gazeuses nécessite, en effet, la dépense d'un certain travail pour vaincre les forces de tension superficielles, et ce travail, pour un volume déterminé d'H dégagé, est d'autant plus considérable que le volume en question a été libéré sous forme de bulles plus minuscules. »

Ainsi se trouve très ingénieusement expliqué le phénomène de corrosion métallique.

Entraîné par un courant incessant, le précipité de sexquioxyde de fer chemine dans les canalisations, gagne de proche

en proche des tuyaux de diamètre de plus en plus étroit, se dépose ou reste en suspension suivant le régime de la pression, envahit les culs-de-sac qu'il rencontre et s'élimine en majeure partie par les robinets des particuliers, chez qui il provoque une légitime mais inutile frayeur.

La présence notable de chlore contribue d'ailleurs, pour sa part, à la formation du précipité. En présence de fer, le chlore donne du chlorure de fer II, qui, bientôt oxydé, engendre de l'oxyde de fer III, tandis que le chlore lui-même, libéré à nouveau, reprend son action nuisible..

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que les lumières des conduites se soient rapidement obstruées, par l'apport incessant de ce dépôt. Quant aux Arcachonnais, dont le mécontentement se traduisait par des pétitions réitérées, ils ne se faisaient pas faute de discréditer ces eaux, qui n'étaient décidément justiciables d'aucune amélioration. On ne saurait les en blâmer, la limpidité étant la première qualité exigible d'une eau potable; mais on s'explique mal leur obstination à considérer comme nuisible ce trouble reconnu inoffensif. La présence de fer dans les eaux a toujours paru aux médecins et aux savants plus profitable que fâcheuse, et le temps n'est pas si éloigné où l'on avait l'habitude de mettre des clous dans l'eau de boisson afin de lui donner des propriétés fortifiantes. Mais si la présence du fer était bien anodine, celle du plomb demeurait dangereuse. Devant de telles déficiences, les hygiénistes de l'époque se devaient de ne point laisser se prolonger un état sanitaire préjudiciable à la fois à la collectivité et au prestige d'Arcachon.

Le redoutable saturnisme, cause de bien des déficiences organiques, complice sournois de nombreuses invasions microbiennes, avait mis le pied dans la place. On eut recours à des mesures radicales pour l'en expulser.

§ 3. — *Caractères bactériologiques.*

L'étude bactériologique des eaux de Cazaux fut entreprise, pour la première fois, en 1894, par MM. Lalesque et Rivière.

Utilisant la méthode de Roux pour la numération des germes, ils obtinrent les résultats suivants :

Eau à la prise = 55 germes;

Eau dans l'intérieur de la ville = 80 germes.

Ces germes appartenaient exclusivement à des espèces non pathogènes, et il fut impossible de déterminer, parmi eux, un seul *B. coli*.

Ce dernier est, en effet, considéré comme le plus sérieux témoin d'une souillure proche ou lointaine des eaux : « S'il existe encore des divergences entre les épidémiologistes au sujet de l'étiologie de la fièvre typhoïde, il est un point sur lequel ils sont d'accord : c'est que le substratum nécessaire du bacille d'Eberth est la matière fécale et que la coprophagie, entendue dans son sens le plus large, en assure la pénétration dans l'organisme. L'usage d'une eau de boisson polluée accidentellement en est un des modes fréquents; et comme les méthodes bactériologiques les plus minutieuses n'y décèlent qu'exceptionnellement le germe spécifique, on a coutume d'accorder au colibacille, hôte habituel de l'intestin, la valeur d'un témoin de la souillure fécale et de demander à sa présence en quantité notable un critérium de l'opportunité de certaines mesures prophylactiques. » (Labit.)

D'après les premières analyses, les eaux de Cazaux se révélaient donc, comme on devait s'y attendre, d'une pureté bactériologique parfaite. Grâce à une amélioration apportée à la prise, en 1898, les analyses effectuées par Duphil, en 1904, témoignèrent d'une diminution sensible des germes, déjà en nombre insignifiant : 25 germes par centimètre cube sans trace de colibacille. Le contraire eût, d'ailleurs, paru inexplicable : les eaux du lac de Cazaux sont des eaux de pluie qu'amènent les vents soufflant de l'Atlantique, c'est-à-dire du sud et de l'ouest. Ces vents poussent vers le continent les nuages formés sur l'Océan, et, lors de leur chute, les eaux de condensation ne peuvent en aucune manière se contaminer au contact de l'air qui vient du large comme elles; d'autre part, comment

leur pureté pourrait-elle s'altérer par ruissellement sur un sol pratiquement inhabité? Reste la pollution problématique due à la présence de poissons dans le lac. Certains hygiénistes accordent à cette question une importance majeure, et M. Remlinger dit en espèce « Nous ne pensons pas que leur présence doive être tenue pour indifférente au point de vue hygiénique. Le tube digestif des poissons renferme, à l'état normal, du colibacille et de nombreuses espèces de la putréfaction. Alors même que ces microorganismes ne seraient pas à proprement parler pathogènes, leur rejet dans l'eau avec les matières fécales ne saurait être tenu pour pleinement négligeable », et ailleurs : « leur présence dans l'eau potable est dangereuse... de plus, les cadavres des poissons souillent l'eau en se décomposant rapidement ».

Nous ne pensons pas qu'il faille donner à leur présence une importance exagérée. Bien des villes, dont l'état sanitaire se révèle parfait, utilisent, après stérilisation ou non, les eaux de lacs fort poissonneux; et si la pureté bactériologique des eaux de Cazaux tendit à s'altérer progressivement, ce fut pour des causes très différentes et beaucoup plus graves. En effet, les rives du lac ne restèrent pas très longtemps, comme à l'origine, lieux solitaires et méconnus; on procéda, tout d'abord à Cazaux même, à l'installation d'un camp d'aviation considérable, situé à quelque 500 mètres de la prise, mais dont l'existence contribua certainement pour une large part à la contamination des eaux. Ce ne peut être sans danger que l'on édifie à côté d'un lac fort attrayant un camp d'aviation d'une telle envergure. La venue des troupes entraîna l'éclosion d'une petite agglomération civile; de ce fait, les bords du lac devinrent très fréquentés; les embarcations, rares jadis, augmentèrent en nombre, à la grande joie des promeneurs et des pêcheurs, qui ne se firent pas faute d'utiliser prise d'eau et pieux, si pratiques pour l'amarrage. Un fait nouveau aggrava la situation; le canal de Cazaux à la Hume, déversoir naturel du lac tendant à entraîner les eaux riveraines plus ou moins polluées et à établir un courant d'eaux pures venues du large,

s'ensabla progressivement sans qu'on cherchât à y porter remède; le mouvement des eaux se trouva ainsi si fortement amoindri que, les pieux de protection du canal continuant à retenir le sable, cette partie du lac prit l'aspect d'une cuvette ayant pour centre la prise d'eau d'Arcachon. Cependant, sur les rives, des lavoirs particuliers ne tardaient pas à s'installer et, parfois, des baigneurs s'aventuraient à proximité de la prise, tandis qu'à l'ouest chaque jour voyait de nouveaux troupeaux de bétail stationner au bord de l'eau, y entrer souvent, et contaminer d'une manière permanente le rivage avec leurs excréments. Qu'une légère crue survînt, et les eaux riveraines se chargeaient de bacilles pathogènes; ces derniers, loin d'être entraînés vers le canal de la Hume à peu près obstrué, étaient emmenés vers le sud-est par un courant nouveau et, émulsionnés avec l'eau, se trouvaient passer à peu près au-dessus de la tête de prise.

Cet ensemble de faits défavorables, concomitants ou successifs, en tout cas échelonnés sur une très longue période, eut sur la salubrité des eaux des répercussions très nettes.

Le colibacille, primitivement absent, fit bientôt son apparition; sa présence d'abord très intermittente devint fréquente par la suite, et les hygiénistes suivirent avec souci cette progression de fâcheux augure.

Dès son arrivée à Arcachon, en juillet 1925, M. le docteur Marcotte, frappé de cette contamination encore anodine, mais susceptible en s'aggravant de nuire à la santé publique, décida d'en suivre pied à pied les variations. Voici, à titre documentaire, parmi bien d'autres, les résultats de quelques analyses effectuées au laboratoire d'Arcachon :

6 novembre 1925 :

Echantillon prélevé à 10 mètres du rivage = moins de 100
et plus de 10 coli par litre;

Echantillon prélevé à 50 mètres du rivage = 10 coli par
litre;

Echantillon prélevé à 150 mètres du rivage = moins de 10
coli par litre.

18 décembre 1925 :

Echantillon prélevé en face de l'embouchure du canal, à
50 mètres en surface = moins de 10 coli par litre;

Echantillon prélevé à 400 mètres plus au sud-ouest = pas de
coli.

Mais M. Marcotte ne s'en tint pas à des analyses isolées :

« Puisque, pour arriver à une solution, dit-il, il convenait
de mener une étude continue et journalière, nous procédâmes
pendant deux ans et demi à l'analyse de notre eau sur des
échantillons prélevés :

1° au laboratoire (d'une manière constante);

2° (accessoirement, en vue de comparaisons utiles), soit
dans d'autres immeubles, soit aux bornes-fontaines.

Avec ces examens journaliers, nous pouvions avoir, pour
chaque mois, la moyenne du nombre de B. coli par litre. »
Voici quelles furent ces moyennes pour les années 1926 et
1927 et les six premiers mois de 1928 :

	Moyennes de B. coli par litre		
	1926	1927	1928
Janvier	2	2,4	2,4
Février	5,3	1,6	0,7
Mars.....	2,3	0	0,7
Avril	1	1,9	0,8
Mai.....	1,6	10,4	0
Juin.....	1,5	9,6	10
Juillet.....	0	16,7	»
Août.....	6,4	19,2	»
Septembre....	335	} typhoïde }	20
Octobre.....	143		19,1
Novembre.....	5,2	14,7	»
Décembre.....	7,6	6,9	»

Sur trente mois, il y en a donc 21 pour lesquels la moyenne
de colibacille est inférieure à 10 et 3 pour lesquels le coli-
bacille est absent. Ces résultats d'analyses relativement ré-
centes, effectuées au moment où toutes les causes de conta-
mination précitées se trouvaient réunies, montrent que, sans

être très alarmante, la situation méritait une sérieuse étude. En particulier, la surprenante contamination de septembre et octobre 1926, due à une extrême sécheresse, qui provoqua, à la fois, une baisse des eaux et une augmentation considérable d'aspiration, entraînant par sa puissance sable, vase et flore microbienne sédimentée, exigeait d'immédiates modifications. Ces modifications pouvaient être entreprises suivant deux méthodes :

a) Soit en portant beaucoup plus au large, à l'exemple de villes fort importantes, telles que Genève et Zurich, la prise d'eau préalablement modifiée.

b) Soit en cherchant à annihiler l'effet nuisible des microbes pathogènes par une stérilisation des eaux sur un mode à déterminer, compte tenu de leur nature et de leurs propriétés.

Nous verrons que le Conseil d'hygiène d'Arcachon, optant pour une conjugaison de ces deux remèdes, prouva, par son activité, qu'il était résolu à enrayer, dans le plus bref délai, la pollution microbienne des eaux, en même temps que le saturnisme et le trouble fâcheux provoqué par le fer.

CHAPITRE III

PROBLEMES POSES PAR LA NATURE PARTICULIERE DE CES EAUX MESURES PRISES POUR LES RESOUDRE

§ 1. — *Corrosion métallique.*

A. — LA QUESTION DU PLOMB.

Au cours du chapitre précédent, nous nous sommes efforcé de faire une discrimination entre la corrosion du plomb et celle du fer, toutes deux ayant pour cause première la pureté et l'acidité des eaux, mais présentant, au point de vue hygiène, une valeur fort inégale. Envisageant, comme nous l'avons fait jusqu'ici, les problèmes qui se posent à nous suivant un ordre d'importance décroissante, reprenons l'étude du saturnisme à Arcachon et des moyens de défense qu'il imposa. La situation était très nette : d'une part, l'eau, agressive, lentement destructive; de l'autre, les tuyaux de plomb, incapables de résister à cette attaque de tous les instants.

Il fallait de toute nécessité agir, en le modifiant, sur l'un de ces deux éléments.

Modifier l'eau ? Solution fort complexe en vérité, d'une étude et d'une mise en œuvre bien longues, réponse assez aléatoire et trop imprécise à un besoin d'améliorations urgentes.

Modifier les canalisations ? Pourquoi n'y pas songer, lors-

qu'il n'existe qu'un remède. Certes, changer radicalement un vaste réseau de conduites dont chaque demeure particulière recèle une part est un projet de grande envergure, fort onéreux pour l'usager et pour la ville. Cependant, convaincue que toute amélioration suppose quelques sacrifices, la Commission d'hygiène d'Arcachon ne perdit pas un temps précieux en stériles discussions; elle élaborâ un plan suivant lequel les canalisations en plomb devaient disparaître au plus tôt de tous les domiciles.

Ce faisant, elle se heurta à une embarrassante difficulté : remplacer les tuyaux de plomb est bien, mais au profit de quel autre métal ? Les propriétés corrosives des eaux s'exercent, nous l'avons vu, sur le fer, le zinc, etc., aussi bien que sur le plomb, et la gamme des matières premières susceptibles de servir à la fabrication des canalisations est bien vite épuisée. Les expériences de M. Marcotte vinrent mettre un terme à cet embarras. Le Docteur Marcotte soumit méthodiquement à l'action d'eaux agressives divers métaux et divers alliages. Il constata ainsi qu'aucun métal ne peut, pratiquement, rester inaltéré au cours d'un incessant contact avec nos eaux de Cazaux... Aucun métal, sauf le cuivre, dont la résistance à la corrosion lui parut très vite exceptionnelle; si exceptionnelle qu'il en préconisa aussitôt l'emploi pour remplacer ces vieux tuyaux de plomb dont certains particuliers s'étaient depuis longtemps débarrassés.

La Commission d'Hygiène comprit la portée de cette amélioration et donna bientôt à l'emploi du cuivre un caractère obligatoire, souvent confirmé par la suite. Nous trouvons, en effet, à la date du 24 novembre 1928, la modification suivante au règlement sanitaire : « ... les branchements et tuyaux de canalisations seront en cuivre rouge étiré, seul métal qui reste inattaqué par l'eau d'Arcachon. Les canalisations en plomb demeurent formellement interdites; celles qui existent encore actuellement engageant la responsabilité du propriétaire de l'immeuble. »

Cette adoption du cuivre devait d'ailleurs trouver dans un

événement fortuit une éclatante justification. L'autorité militaire décida, en septembre 1928, de retirer du lac de Cazaux un hydravion immergé depuis neuf ans pour une cause accidentelle. Ainsi fut fait, et M. le Docteur Lalesque, qui assistait aux travaux, fut témoin de particularités fort instructives. Les différentes pièces constituant cet hydravion apparurent profondément rongées : plus une tôle, plus un filin intacts. L'ensemble témoignait d'une usure intense. Seules, au milieu de cette dégradation générale de métaux et d'alliages, pourtant jadis fort robustes, les pièces en cuivre étaient demeurées intactes. Ni leur forme, ni leur aspect n'accusaient de sensibles modifications.

Cette constatation prouve combien le choix du cuivre était judicieux, pour ne pas dire nécessaire. Malheureusement, mis en face d'une amélioration certaine, le public ne voulut voir qu'un mal en remplaçant un autre. Le plomb jouit de peu d'estime auprès du consommateur, mais le cuivre, auréolé de légendes aussi répandues qu'invraisemblables, lui semble beaucoup plus nuisible. Combien de ménagères montrent à son égard une répulsion irraisonnée, sans fondement très exact, et pour cette raison, difficilement surmontable. Chacun croit avoir présent à la mémoire le souvenir d'une indisposition, d'un malaise, d'une intoxication grave peut-être, dont ce métal, d'aspect sans doute trop particulier, fut le grand responsable. De tels griefs, sans fondement aucun, ne sauraient résister longtemps à des arguments raisonnables. Le cuivre, il faut bien qu'on le sache, n'est pas un métal nuisible. Il peut sans inconvénient être mis en contact prolongé avec l'eau d'alimentation, quelles qu'en soient la nature et l'origine. La plupart des robinets ne sont-ils pas en cuivre ?

Bien mieux, chacun sait que le cuivre est entré depuis longtemps dans le domaine de la thérapeutique. On ne compte plus les injections de ses sels faites chaque jour pour enrayer les septicémies, et l'eau d'Alibour, couramment employée en dermatologie, en contient en dissolution une

forte quantité. La voix on ne peut plus autorisée d'Armand Gauthier proclame que nous en ingérons chaque jour avec les légumes verts, avec les divers aliments salés ou acides, qui corrodent toujours un peu les récipients en cuivre dans lesquels ils sont préparés. Et M. le Docteur Marcotte fait très justement remarquer que « l'eau distillée dont on se sert en pharmacie passe dans des alambics en cuivre ». « Au reste, ajoute-t-il, un empoisonnement par ce métal semble impossible, du fait qu'il serait décelé par des vomissements préalables, et encore nécessiterait-il l'absorption d'une quantité de cuivre bien plus notable qu'il ne pourrait y en avoir dans des conduites d'eau potable. » Tout au plus, pourrait-on concéder au cuivre un minime inconvénient, qui a pourtant fort contribué à le rendre suspect. Lors de son premier contact avec les eaux, il subit malgré tout une très faible attaque, qui s'atténue vite par formation d'un dépôt protecteur d'oxychlorure de cuivre. Il n'en est pas moins vrai qu'on peut le déceler dans les eaux durant quelques jours : il est alors susceptible de donner une coloration bleutée au contact du savon et de l'ammoniaque, qui provient de la désintégration des matières organiques en l'absence d'oxygène.

Cet inconvénient, si l'on peut le nommer ainsi, est passager et ne réapparaît jamais, aussi longtemps que puissent servir les canalisations : inconvénient somme toute négligeable, en comparaison de la sécurité dont il est le prix.

Ainsi, après Biarritz, après Dax, dont les eaux sont de composition voisine des nôtres, Arcachon a remplacé le plomb par le cuivre. Par des avis réitérés, la population a été informée des changements à opérer dans ce sens, et, bien qu'il demeure un petit nombre de réfractaires, les résultats immédiats ont dépassé les plus optimistes prévisions. Depuis un certain temps déjà, le saturnisme a totalement disparu

NOTE. — On a dit : « Le plomb a fait plus de mal que de peur, et le cuivre plus de peur que de mal. »

d'Arcachon, permettant ainsi aux membres de la Commission d'hygiène de reporter toute leur activité sur le problème moins pressant peut-être mais plus ardu de la limpidité des eaux.

B. — LA QUESTION DU FER.

Nous avons vu que cette question de la limpidité des eaux d'Arcachon avait été la source de nombreuses controverses, réclamations et pétitions leur contestant toute valeur alimentaire. Nous avons vu encore que la corrosion du fer s'effectuait, d'une part, dans les branchements particuliers, d'autre part, dans les canalisations extérieures à ces branchements particuliers. Il en résulte qu'une transformation radicale, telle qu'elle fut entreprise pour éliminer le plomb, devenait, en ce qui concerne le fer, d'application difficile. Ce fer, constituant en presque totalité le réseau de distribution des eaux depuis les réservoirs de la ville jusqu'aux ramifications les plus ténues et ayant été utilisé pour une large part concurremment avec le plomb lors des installations privées, les travaux à effectuer s'avéraient considérables et dispendieux.

La Commission d'hygiène n'en résolut pas moins de les entreprendre et, en attendant leur exécution, décida d'obvier à la situation par des mesures palliatives : les oxydes ferrugineux prenant naissance dans les canalisations sont susceptibles, en s'accumulant, d'engorger partiellement ou en totalité les canalisations. Les culs-de-sac, de leur côté, servent de réceptacle à ces dépôts et se trouvent entièrement comblés d'agglomérats difficiles à éliminer. Survienne un accroissement de pression et la partie superficielle de ces dépôts est arrachée de son support, se désagrège dans l'eau et s'élimine avec elle, au grand mécontentement des usagers.

On commença donc par atténuer cet inconvénient en ramenant au strict nécessaire le nombre des culs-de-sac existant ; puis, afin de se débarrasser par des lavages sous pression des oxydes ferrugineux envahissant les tuyaux, on multi-

plia les chasses. Les résultats encourageants ne firent pas oublier que ces demi-mesures n'étaient que provisoires; mais lorsque le remplacement du fer fut reconnu indispensable, il apparut que, pour les canalisations à fort diamètre, le prix trop élevé du cuivre en interdirait l'emploi. Divers spécialistes furent alors pressentis, diverses solutions envisagées, et l'on jeta son dévolu sur un genre particulier de canalisation, mélange de ciment et d'amiante nommé « Italit », fort résistant à l'action destructive des eaux. Un accord intervint alors avec la Compagnie des eaux, aux termes duquel ladite compagnie s'engageait, dans l'avenir, pour la pose ou le remplacement des canalisations, à n'employer que l'« Italit ». Ainsi fut fait, et depuis, au fur et à mesure des travaux d'entretien, les conduites de fer sont progressivement éliminées.

Quant aux installations particulières, elles s'améliorèrent aussi à mesure que le cuivre fut d'un usage plus courant, mais avec une grande lenteur. La présence de fer dans les eaux n'étant point nuisible, on ne put obliger à remplacer le fer par le cuivre; il s'ensuivit que chaque propriétaire recula devant la dépense à effectuer, tout en s'octroyant le droit de critiquer un état de choses qu'il avait tout pouvoir de faire cesser. En un mot, la population ne suivit que d'assez loin les conseils qui lui étaient prodigués, et l'amélioration envisagée en souffrit considérablement. Aussi n'est-il pas possible d'affirmer que la question du fer ait reçu une solution aussi satisfaisante que la question du plomb. Les transformations envisagées plus haut auraient dû, avec le temps, se généraliser au point de rendre limpides ces eaux trop peu engageantes, mais non nuisibles; et, bien que ceci sorte du cadre de ce chapitre, nous pouvons dire, d'une part : que l'emploi de l'« Italit » s'est révélé satisfaisant mais a été insuffisamment répandu et qu'une trop grande proportion de canalisations particulières demeurent encore en fer; d'autre part, que des faits nouveaux, confirmés par nos analyses, tendent à amoindrir l'heureux effet des mesures prises par la Commission d'hygiène.

§ 2. — *Epuration.*

Lorsque, au cours des dernières années du siècle passé, la pureté bactériologique des eaux de Cazaux tendit à s'amoinrir, la première modification effectuée fut le recul de la tête de prise d'eau, reportée à 100 mètres plus au large. Ce recul, d'abord efficace, s'avéra par la suite d'effet moins sûr, et nous savons qu'en 1927-1928, afin de sauvegarder une potabilité compromise, de nouveaux perfectionnements durent être exécutés. Il s'ensuivit que jamais plus les dépôts du fond n'apparurent dans la conduite et que le colibacille accusa une régression à laquelle ne fut pas étranger le creusement du canal de La Hume, creusement effectué par les soins de l'autorité militaire.

Quelques mois passèrent, et les résultats analytiques quotidiens prouvèrent vite qu'il fallait songer à des réalisations plus efficaces. En date du 14 août 1928, M. Marcotte signale au maire un accroissement de la pollution et lui fait part de ses inquiétudes; à son sens, le seul remède définitif réside dans une stérilisation des eaux selon une des diverses méthodes employées dans nombre d'agglomérations importantes.

Le principe de la stérilisation fut vite admis, mais son mode d'application donna lieu à de longues réflexions et à l'élaboration de plusieurs projets, reconnus par la suite difficilement applicables aux eaux d'Arcachon.

I. — Procédés mécaniques et physiques.

A. — LA STÉRILISATION PAR FILTRATION.

Mise en pratique depuis fort longtemps, selon des principes plus ou moins rationnels, la filtration ne revêtit un caractère vraiment scientifique que vers le milieu du XIX^e siècle. Depuis, l'emploi du filtre, et en particulier du filtre à

sable, s'est fort généralisé, et il en existe de nos jours plusieurs types, dont chacun répond à des besoins bien définis.

Schématiquement, un filtre est un vaste bassin rectangulaire, profond de 2 m. 50 à 3 mètres, à plancher légèrement incliné. Sur ce plancher, on dépose une couche de briques spéciales non jointives, surmontée d'une couche de graviers, puis d'une couche de gravillons. Au-dessus, une couche de sable fin, de rivière, régulièrement tassé, dont l'épaisseur varie entre 0 m. 60 et 1 m. 20. Briques, graviers et gravillons peuvent être avantageusement remplacés par une dalle de béton maigre. L'eau est amenée sur le filtre par un système de rigoles, tandis que celle qui s'en écoule passe dans un puisard muni d'une pompe élévatoire.

Un tel filtre, au début de son fonctionnement, ne retient aucun microbe, mais il se forme rapidement à sa surface une sorte de membrane glaireuse, agglomérat d'algues vertes et de diatomées au sein duquel « se multiplie activement toute une forme de protozoaires, d'infusoires ciliés ou flagellés, de crustacés microscopiques, d'insectes variés » (Cambier).

Au fur et à mesure de son accroissement, cette membrane retient de plus en plus de microbes et, au moment de les éliminer tous, prolifère si bien que le débit devient insignifiant et qu'un nettoyage s'impose. Tous les perfectionnements tendent à reculer le plus possible le moment de ce nettoyage.

On a expliqué de diverses manières la propriété qu'acquiert le filtre de débarrasser l'eau de ses espèces pathogènes. Pour certains, « les microbes y seraient anéantis par l'action oxydante et la concurrence vitale des algues vertes, par phagocytose et bactériolyse de la part des infusoires ». Ceci revient à nier le rôle du sable, dont on devrait pouvoir impunément diminuer l'épaisseur. Comme en pratique il n'en est rien, on croit généralement que l'action de la membrane et celle du sable se complètent, chacune demeurant absolument indispensable à une épuration sérieuse.

Parmi les filtres les plus employés, on a coutume de distinguer :

a) *Les filtres rapides* (américains). — Ils ont un fort débit, de 80 à 100 mètres cubes par mètre carré et par vingt-quatre heures, et sont alimentés avec des eaux brutes, préalablement additionnées de réactifs coagulants. De ce fait, leur colmatage est très rapide et entraîne un nettoyage presque journalier. Enfin, ils sont loin d'éliminer tous les germes et l'effluent de ces filtres doit être stérilisé.

b) *Les filtres demi-lents*. — Analogues aux précédents, mais utilisés sans coagulant. Ils débitent de 5 à 20 mètres cubes par mètre carré et par vingt-quatre heures. On les nettoie moins fréquemment que les filtres rapides. Ils ne peuvent dispenser d'une stérilisation ultérieure, bien que susceptibles d'éliminer jusqu'à 99 p. 100 des microbes pathogènes. Mais, comme dans la stérilisation, « ce ne sont pas les proportions qui importent, mais la valeur absolue; on ne doit pas considérer les germes qui restent sur le filtre, mais plutôt ceux qui passent dans l'eau filtrée ». Ces filtres sont surtout indiqués pour améliorer les eaux accidentellement polluées.

c) *Les filtres lents submergés* (filtres anglais ou européens). — Le sable de ces filtres est toujours recouvert d'une couche d'eau à épurer. Ils débitent de 3 à 5 mètres cubes par vingt-quatre heures et, afin de diminuer les frais de nettoyage, sont alimentés avec des eaux préalablement dégrossies et clarifiées au mieux. Leur bon fonctionnement implique des soins vigilants et certaines précautions.

d) *Les filtres lents non submergés*. — Ces filtres, imaginés en 1903 par Miquel et Mouchet, diffèrent des précédents en ce que l'eau ne stagne pas au-dessus du sable. On la distribue en pluie à sa surface, aussi uniformément que possible, et elle s'infiltre intérieurement, en suivant la surface des grains de sable. Ce dernier, simplement « humecté par une lame d'eau infiniment mince tapissant tous les grains, conserve un vide peu différent du vide de 30 p. 100 environ qu'il présente à l'état sec » (Cambier).

Ces filtres sont susceptibles de donner des eaux bactériologiquement pures, à condition que la distribution soit bien régulière. Malheureusement, ces appareils sont coûteux, demandent une surveillance et un entretien constants et ne permettent pas l'épuration sur une grande échelle.

Parmi tous les systèmes filtrants, ils pouvaient seuls ramener à une stricte pureté les eaux d'Arcachon; pour les raisons qui précèdent, et quoique leur fonctionnement ait donné satisfaction à La Baule et à Châteaudun, le Conseil d'hygiène renonça à leur emploi comme moyen de stérilisation.

B. — LA STÉRILISATION PAR LES ULTRA-VIOLETS.

Le pouvoir microbicide des rayons ultra-violets a été mis en évidence en 1909, par MM. Courmont et Nogier, lors de leur communication relative à l'action de ces rayons en vue d'une stérilisation des microbes de l'eau. Avant eux, Downes et Blunt, Duclaux, Roux, avaient constaté l'action nettement nuisible de la lumière sur les microbes. Plus tard, Mlle Cernovodeanu, MM. Victor Henri, Miquel, reprirent les travaux de Courmont et Nogier et en confirmèrent les résultats.

La première lampe à vapeur de mercure susceptible d'engendrer des ultra-violets fut conçue en 1892 par Arons. Long tube de verre privé d'air muni d'une électrode en fer et d'une électrode en mercure, cette lampe devait, pour entrer en fonctionnement, subir un lent mouvement de bascule. Le mercure provoquait alors un court circuit générateur d'un arc suffisant à engendrer une atmosphère de vapeurs mercurielles conductrices. Grâce à ces dernières s'établissait ainsi un courant ininterrompu.

Plus tard, en 1905, Kuch remplaça le verre par le quartz, infiniment plus perméable aux ultra-violets, et apporta quelques améliorations de détail. Mais la nécessité d'incliner la lampe à vapeurs de mercure pour l'utiliser rendait son

emploi bien incommode et souvent dispendieux, du fait de la détérioration qui pouvait s'ensuivre. C'est pourquoi MM. George et Berlemont inventèrent une nouvelle lampe à allumage automatique, prête à fonctionner par simple fermeture du courant.

« Cette lampe, ayant la forme d'un U renversé, est remplie de mercure et est en communication avec un réservoir rempli d'un gaz rare comme l'argon, l'hélium ou le néon. Sous l'influence du courant électrique, on dilate le gaz et on rougit un fil métallique placé dans le tube en quartz. On obtient ainsi un arc dans le gaz rare, puis, rapidement, l'arc au mercure se forme et chasse les gaz dans un réservoir auxiliaire. » (F. Dienert.) Cette lampe, comme celles dont nous parlions plus haut, fonctionnant seulement avec le courant continu, M. George imagina ensuite une lampe à atmosphère de néon, utilisable sous fort voltage et avec le courant alternatif. Ces diverses sources d'ultra-violets peuvent être utilisées suivant deux principes :

a) En les plaçant en dehors du liquide à stériliser (lampes de la Compagnie Westinghouse-Cooper Hewitt). De telles lampes donnent un fort dégagement de chaleur et, par conséquent, un rayonnement très intense. Elles exigent un voltage relativement faible, mais une partie des rayons se trouve perdue. Pour être soumise à leur action, l'eau devra être amenée en lames très minces.

b) En les immergeant dans le liquide à stériliser (lampe de la Société des rayons ultra-violets, appareil Billon-Daguerre).

Ici, par suite du refroidissement, la proportion des ultra-violets émis est 15 fois moindre, et on ne peut opérer que sous fort voltage. Mais l'inconvénient le plus grave est la métallisation de la lampe. « Cette métallisation paraît due à un dépôt très adhérent d'un oxyde de fer qui semble se combiner à la silice et sur lequel le mercure vient se condenser... C'est le refroidissement de la lampe qui provoque cette métallisation. » (Dienert.) Reste à déterminer laquelle de ces

méthodes peut prévaloir par son efficacité. De l'avis de M. Dienert, les essais bactériologiques montrent, en dehors de toute idée préconçue, que ces deux systèmes se valent, la stérilisation se montrant identique à égalité d'énergie électrique dépensée.

Quel est le mécanisme de cette stérilisation ? On a voulu démontrer qu'au cours de la stérilisation par les ultra-violets, de l'eau oxygénée, voire de l'ozone, pouvaient prendre naissance. Les expériences entreprises en vue de les déceler n'ont apporté aucun témoignage concluant. Aussi préférons-nous nous rallier à la suggestion émise par M. Dienert : « Dans nos expériences, dit-il, nous avons examiné au microscope les levures traitées par les rayons ultra-violets. Nous avons constaté que l'intérieur des levures jeunes devenait granuleux et qu'après un certain temps il y avait éclatement de la membrane et dissolution du contenu protoplasmique dans le liquide... La masse hyaline du protoplasma se trouverait décomposée en une base qui serait de la choline. Cette base aiderait au gonflement exagéré de la cellule, dont l'enveloppe, elle-même atteinte, ne résisterait pas à l'excès de pression et se désagrégerait. »

La stérilisation par les ultra-violets pouvait-elle être appliquée avantageusement aux eaux d'Arcachon ? Il apparut, à vrai dire, que ce mode d'épuration, fort efficace en certaines circonstances, à condition d'être rigoureusement contrôlé, offrait de nombreuses causes d'échec. Ce n'est pas sans raison que très peu de villes l'utilisent : on ne peut guère citer en France que Lunéville, Maromme, près de Rouen, et L'Isle-sur-la-Sorgue. Et encore, les hygiénistes chargés de la surveillance de cette stérilisation sont-ils unanimes à en dénoncer les nombreux inconvénients. En premier lieu, c'est une erreur de croire que toute lampe à vapeurs de mercure neuve est une bonne lampe ; sa valeur est subordonnée à la nature des matières premières qui la composent et aussi aux soins apportés à sa fabrication. De plus, la métallisation signalée plus haut enlève rapidement

aux lampes une part de leur activité et, en dehors de cette métallisation, elles sont vite annihilées par un vieillissement prématuré. Enfin, l'intensité du rayonnement peut n'être pas uniforme sur toute la surface de la lampe; il s'ensuit un besoin continuel de contrôle, lequel, pour aussi strict et aussi rapide qu'il soit, peut quelquefois se trouver en défaut. La limpidité de l'eau à traiter n'est pas non plus indifférente : les rayons lumineux sont, en effet, facilement arrêtés par les corpuscules en suspension; les colloïdes et les matières colorantes d'origine organique les arrêtent aussi; en sorte qu'un liquide, même clair, qui en contient n'est stérilisé qu'en couche très mince, de quelques millimètres d'épaisseur; dès lors, l'abondance du débit s'en ressent et les applications du procédé en sont, par contre-coup, considérablement diminuées.

Si à ces diverses constatations techniques nous ajoutons qu'une installation de stérilisation par les ultra-violets est toujours très onéreuse, on comprendra qu'en portant ses recherches vers une solution plus efficace la Commission d'hygiène a fait montre de beaucoup de prudence, et non de partialité, envers un procédé dont l'avenir consacrerait certainement et la valeur et l'indéniable intérêt.

II. — Procédés chimiques.

A. — LA STÉRILISATION PAR L'OZONE.

L'ozone, découvert en 1783 par Van Marum, fut étudié en 1840 par Shoenbein : c'est un gaz de couleur bleue et d'odeur pénétrante, modification allotropique de l'oxygène, dont il est une sorte de condensation; il est instable et se détruit spontanément, en redonnant de l'oxygène à l'état naissant.

En 1891, Ohlmüller, Siemens, Haske, de Berlin, préconisèrent son emploi pour la purification artificielle des eaux et, deux ans plus tard, furent suivis dans cette voie par

Tindal, Schneller et Van der Sleen. Ces savants reconnurent que l'ozone, oxydant énergique, se portant sur les matières organiques vivantes ou inertes contenues dans l'eau, en assure la stérilisation, la décoloration et la désodorisation si la dose est suffisante et si un bon contact du gaz avec toutes les molécules de l'eau est réalisé. Un tel procédé de stérilisation implique deux opérations successives : en premier lieu, il est nécessaire de se procurer de l'ozone ou plutôt de l'eau ozonisée en utilisant un appareil dit ozoniseur ou, mieux, ozoneur; ensuite, grâce à un émulseur spécial, on provoque un mélange intime de l'eau à stériliser avec l'air ozonisé ainsi obtenu.

« Les ozoniseurs sont essentiellement constitués par des vases fermés munis de deux électrodes séparées par un espace où jaillit l'effluve que traverse le gaz à ozoniser, et reliées l'une à une source d'électricité, l'autre à la terre. » (Bruère.)

Le premier ozoniseur de laboratoire fut conçu par Du Moncel, en 1853. En 1857, l'Allemand Siemens, reprenant les données de Du Moncel, réalisa le dispositif suivant : deux lames de verre peu distantes l'une de l'autre et recouvertes à l'extérieur par deux lames métalliques, ces dernières respectivement reliées à chacune des bornes d'une bobine de Rumkorff. Le passage du courant provoquait une pluie d'étincelles entre les deux lames, donnant naissance à de l'ozone, perceptible par son odeur.

Avec M. Bruère, nous distinguerons :

a) Les ozoniseurs à diélectriques, dont les électrodes sont séparées par une substance mauvaise conductrice, le verre par exemple (procédé Du Moncel). L'ozoniseur de Houzeau, à électrodes solides (cuivre), et celui de Berthelot, à électrodes liquides ($\text{SO}_4 \text{ H}^2$ dilué), sont munis de diélectriques, de même d'ailleurs que ceux utilisés dans les procédés de stérilisation Marmier et Abraham, Otto, Siemens et de Frise (1908).

b) Les ozoniseurs sans diélectriques, dont les électrodes ne sont séparées par aucune substance intermédiaire.

Parmi ces derniers, citons l'appareil de Warburg et celui de de Frise (1903), produisant d'ailleurs, par kilowatt-heure, moins d'ozone que les ozoniseurs à diélectriques.

Quoi qu'il en soit, l'air à ozoniser doit être desséché et débarrassé de ses poussières si la nécessité s'en fait sentir; après quoi, il est soumis à l'action de l'effluve électrique et se charge d'ozone. Reste à le brasser avec l'eau contaminée; à cet effet, et abstraction faite des modifications de détail, on fait usage « de colonnes vides, mais divisées en tronçons réguliers par des cloisons perforées d'une multitude de trous de 7/10 de millimètre. L'eau et l'air ozonisé y pénètrent ensemble par la base et, se heurtant ensemble à chacune des cloisons qui déterminent leur mélange intime, assurent ainsi la dissolution de l'ozone, que facilite la pression correspondant à la hauteur de l'eau contenue dans l'appareil ».

La durée de contact varie entre six et dix minutes, temps nécessaire à une parfaite stérilisation, dont témoigne la présence de l'ozone dans l'eau qui s'écoule de l'émulseur. Pour rendre cette présence évidente, il suffit d'ajouter à un peu d'eau traitée quelques gouttes d'une solution d'iodure de potassium et un peu d'empois d'amidon : il doit se développer une coloration bleue. Enfin, il est préférable que le débit de l'eau et le débit du gaz stérilisant soient enclenchés, c'est-à-dire que l'arrivée d'eau cesse ou soit dérivée vers une décharge si la production d'ozone vient à s'interrompre accidentellement.

C'est avec quelque raison que l'on considère aujourd'hui la stérilisation par l'ozone comme le procédé de choix de purification des eaux. A condition de l'appliquer à des eaux naturellement claires ou déjà clarifiées artificiellement, il présente des avantages très nets sur les systèmes d'épuration envisagés jusqu'ici. Bien que n'exigeant pas une surveillance très stricte, il est susceptible de donner sans défaillance une eau bactériologiquement pure : ceci est un point capital. L'extrême rapidité avec laquelle il élimine germes et toxines permet de l'appliquer à la purification de volumes d'eau

considérables. De plus, l'ozone ne laisse dans l'eau traitée aucun résidu, car son excès s'y détruit de lui-même en quelques minutes et il ne peut modifier qu'en mieux la composition chimique et les caractères organoleptiques de l'eau. D'ailleurs, le nombre de stérilisateurs par l'ozone utilisés en France et à l'étranger témoigne de l'intérêt du procédé : à Nice, Chartres, Dinard, Les Sables d'Olonne, Saint-Brieuc, Armentières, Wiesbaden, Berlin, Florence, Gênes, Pétrograd, les hygiénistes s'en montrent entièrement satisfaits.

Aussi, dès que prit jour à Arcachon l'idée d'une stérilisation des eaux de Cazaux, les suffrages allèrent unanimes à l'utilisation de l'ozone. Aucune difficulté technique ne pouvait conduire à un échec, pas plus le volume des eaux à traiter que leur limpidité variable, et pour s'en assurer M. le Docteur Marcotte établissait, le 24 novembre 1928, un projet en vue d'installer dans le fond du jardin du dispensaire municipal un baraquement destiné à recevoir un appareil de stérilisation par l'ozone. Les projets étaient donc sur le point d'être réalisés, et seul restait à déterminer le type de l'appareil le plus approprié aux besoins de la ville. On comptait sans le prix d'achat, d'installation et d'entretien d'un tel appareil, et alors que l'ensemble des questions techniques se trouvait favorablement résolu, la question pécuniaire bouleversa une fois encore le plan élaboré. On constata, chiffres en mains, que la stérilisation par l'ozone grèverait d'impôts nouveaux les usagers, tenus désormais à payer l'eau 1 fr. 80 le mètre cube; comme le devis d'installation prévoyait une dépense de 1.200.000 francs, il fallut perdre tout espoir de mener à bonne fin la tâche entreprise; et ainsi fut abandonné ce projet d'organisation qui, méthodiquement réalisé, aurait pu, à l'exemple de 40 villes qui recourent à ses bons offices, doter Arcachon d'eau bactériologiquement potable, à l'abri de toute critique.

B. — LA STÉRILISATION PAR LE CHLORE ET SES COMPOSÉS.

Le chlore libre ou à l'état naissant est un oxydant et un stérilisant énergique : d'une utilisation rapide, simple et peu coûteuse, il convient non seulement pour parer à une contamination brusque et passagère, mais encore, moyennant certaines précautions, pour stériliser d'une manière permanente les eaux d'alimentation suspectes de souillures.

A cet effet, on utilise le plus couramment :

- a) Le chlore liquide (chloration);
- b) Les hypochlorites (javellisation).

a) *Emploi du chlore liquide. La chloration.* — Méthode de stérilisation préconisée et utilisée en grand par les Américains, la chloration consiste à employer le chlore liquide, contenu en bouteilles métalliques, en vue de le détendre dans des appareils spéciaux pour obtenir du Cl gazeux. Ce dernier est ensuite mis en contact intime avec l'eau à traiter, ainsi qu'on le fait pour l'ozone.

Les premiers essais d'application du chlore sous forme gazeuse en vue de purifier les eaux furent effectués par M. Bergé, à Ostende et à Middelkerque, en 1898. Mais il fallut attendre 1910 pour voir apparaître une réalisation vraiment pratique, consécutive aux recherches du major C. R. Darnell, de l'armée américaine. L'appareil du major Darnell, d'abord utilisé en 1912, à Philadelphie, Wilmington, Brooklyn, Niagara Falls, le fut ensuite en 1913 à Somersworth; en 1914, à New Havers, New Brunswick, Hudson Falls; enfin, en 1916 à New-York. Le chlore liquide était enfermé dans des cylindres en acier, à pression interne variant entre 3 et 15 kilogrammes par centimètre carré, suivant la température. Le chlore se dégageait directement dans l'eau à traiter ou était dissous dans une petite quantité d'eau, mélangée ensuite à la masse. Sitôt écoulé le temps de contact nécessaire, on déchlorait l'eau à l'acide d'anhydride sulfu-

reux distribué par un appareil identique à l'appareil de distribution du chlore.

Depuis 1916, nombreuses sont les villes américaines, anglaises ou allemandes qui ont adopté ce procédé, vraiment efficace si l'on en juge par les résultats obtenus à Chicago : Chicago prélève l'eau du Michigan par une série de prises et de cribs éloignés de 2 à 4 milles de la rive; ces eaux sont polluées d'une manière permanente par les liquides affluents des égouts de la ville (eaux-vannes et eaux résiduaires). A cette contamination habituelle s'ajoute l'accroissement fréquent de matières organiques et minérales en suspension par la dégradation des berges et les apports des rivières lors des orages et des grandes pluies (Imbeaux).

La chloration n'en donne pas moins des résultats très satisfaisants, et si l'on envisage la nécessité de compléter son action par celle de la filtration, c'est uniquement parce que la pollution augmente chaque jour d'une façon inquiétante. Les spécialistes reconnaissent au chlore ainsi utilisé une efficacité de 5 à 10 fois supérieure au chlore des hypochlorites. Toutefois, ce mode de stérilisation n'a point réussi à s'imposer en France, ce qui s'explique assez mal, compte tenu des services qu'il rend ailleurs.

Contre son adoption, on objecte que nul constructeur, en France, ne fabrique d'appareils à chlore liquide, que son emploi est délicat et nécessite une surveillance de tous les instants, que son transport, enfin, n'est pas dépourvu de risques. Toutes raisons plausibles, à coup sûr, et pour lesquelles la ville d'Arcachon n'a pu tenter d'importer chez nous un mode de purification bactériologique des eaux auquel les hygiénistes français, partisans de la javellisation, sont encore trop peu accoutumés.

b) *Emploi des hypochlorites. La javellisation.* — Les seuls hypochlorites dont il soit fait usage sont les hypochlorites de sodium et de calcium, et encore celui-ci est-il de plus en plus abandonné au profit du premier. En effet, l'hypochlorite de calcium, ou chlorure de chaux, quoique permettant un appro-

visionnement important sous faible volume, présente deux inconvénients :

- 1° avant emploi, il doit être dissous dans des cuves appropriées;
- 2° à l'air, CO_2 s'unit avec la chaux en excès pour donner $\text{CO}_3 \text{Ca}$, lequel forme une fine pellicule se rassemblant au fond des récipients, dont elle bouche les orifices.

Pour ces raisons, l'hypochlorite de sodium reste seul d'un usage courant, et son emploi comme stérilisant est universellement connu sous le nom de javellisation, appellation d'ailleurs fort critiquable; en effet, « le nom d'eau de Javel était autrefois réservé à la solution obtenue par action du chlore sur une lessive de potasse, et la liqueur, ou eau de Labarraque, résultait de l'action du chlore sur la lessive de soude. Aujourd'hui, on comprend sous le nom d'eau de Javel l'une ou l'autre de ces solution, et l'on emploie presque exclusivement l'hypochlorite de sodium obtenu couramment dans l'industrie par électrolyse des solutions de chlorure de sodium » (Huart).

Historique.

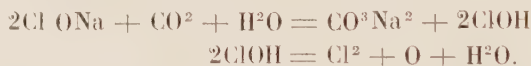
En 1822, Labarraque, pharmacien français, fit connaître la liqueur qui porte son nom, mais ce fut seulement en 1854 que l'action stérilisante du chlore à l'état d'hypochlorite de chaux fut appliquée, en Angleterre, à la désinfection et à la désodorisation des eaux d'égout. Plus tard, en 1897, la ville de Maidstone s'en servit pour enrayer une épidémie de fièvre typhoïde; suivit pour les hypochlorites une période de disgrâce, d'ailleurs de courte durée, car leur emploi se généralisa et s'imposa bientôt d'une manière définitive : en 1904 à Lincoln, en 1908 à Jersey City, Minneapolis, Montréal, Québec, New-York, Cleveland, Lewis, Brooklyn, Colombus, Pittsburgh, Toronto, etc.

En France la javellisation fut appliquée pour la première fois en 1911 à Paris pour stériliser l'eau de la Marne. Mar-

seille suivait bientôt l'exemple de Paris, tandis qu'Avignon et Montauban avaient recours au dispositif particulier de M. Rouquette. Durant la guerre, la javellisation rendit d'incalculables services, et, prenant chaque année une extension toujours accrue, assure aujourd'hui la purification des eaux dans un nombre considérable d'agglomérations.

Fonctionnement général.

Lors de la javellisation proprement dite, l'hypochlorite se décompose peu à peu sous l'action de l'eau selon les formules suivantes, montrant nettement l'action de CO_2 libre ou combiné :



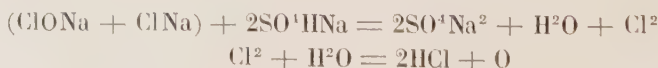
Ces formules, exactes avec des produits purs, ne peuvent traduire la réalité des réactions qui se produisent en présence d'autres sels dissous. Les hypochlorites alcalins impurs, mélanges complexes, renferment surtout des bases alcalines libres.

Ces bases neutralisent CO_2 de l'eau, qui ne peut donc s'exercer en totalité sur l'hypochlorite pour déplacer le chlore.

Ces considérations ont amené M. Rouquette à concevoir un mode de javellisation un peu spécial, très voisin de la chloration, mode que nous allons examiner succinctement.

« L'addition d'un acide fort, dit-il, est indispensable pour assurer l'action d'un hypochlorite alcalin. La réaction provoquée par un acide à une dose précise, substituée à l'action variable d'une quantité indéterminée de CO_2 dans l'eau, réalise au mieux la libération instantanée du chlore actif nécessaire à la stérilisation. »

A cet effet, M. Rouquette fait réagir un produit acide sur un hypochlorite alcalin :



L'acide formé se trouve neutralisé par les carbonates de l'eau, et le produit de la réaction est calculé de manière à être neutre.

Dans le procédé Rouquette, d'ailleurs fort connu et utilisé avec grand succès par nombre de villes, l'oxygène et le chlore sont donc produits à l'état naissant, puis, au moyen d'un dispositif spécial, introduits dans l'eau.

L'oxygène est l'oxydant direct et le chlore est l'oxydant indirect. « Dans la javellisation, au contraire, la libération se fait au sein même de l'eau à stériliser, sous l'action de CO_2 libre ou combiné existant dans l'eau en quantités variables, et produisant, de ce fait, une décomposition variable (Rouquette). »

Cette distinction étant opérée, voyons quelles sont les opérations nécessaires à la réalisation du traitement des eaux par javellisation.

a) *Détermination du titre de la solution d'hypochlorite.* — En France, l'eau ou extrait de Javel habituellement utilisé titre de 30 à 35 degrés Gay-Lussac, c'est-à-dire environ 100 grammes de chlore libre par litre; en effet, un degré hydrotimétrique français correspond à un litre de chlore gazeux à 0 degré et à 760, pesant 3 g. 17.

Pour déterminer le titre de l'eau de Javel à utiliser, on procède comme suit : Dans un vase à saturation, on met successivement :

10 cc. de dilution ou $\frac{1}{10}$ d'eau de Javel ;

10 cc. de solution de IK au $\frac{1}{10}$;

1 à 2 cc. $\text{CH}_3\text{CO}^2\text{H}$.

On titre l'iode libéré avec une solution $\frac{N}{40}$ de $\text{S}_2\text{O}_3 \text{Na}_2$, dont 1 cc = 0,00335 de chlore actif en présence d'empois d'amidon ajouté en fin d'expérience. Soit n le nombre de centimètres cubes utilisés : $n \times 3.55 = P =$ poids de Cl actif en grammes et par litre.

$$\frac{P}{3,17} = D = \text{degrés chlorométriques correspondants.}$$

b) *Préparation des solutions javellisantes.* — Le titre de la solution d'eau de Javel étant ainsi connu, il reste à obtenir une solution javellissante directement miscible à l'eau, contenant un poids p de chlore actif par litre; en général $p = 1$ gramme. A cet effet, on prélève un nombre de centimètres cubes de l'échantillon considéré plus haut, représenté par $100 \times \frac{p}{P}$ (P étant le poids de Cl actif en grammes et par kilo), et on complète à 1 litre. 1 centimètre cube de cette dernière solution correspond à 1 milligramme de chlore actif et, par suite, une goutte à 0 mg. 050 (1 cc. 20 gouttes).

c) *Détermination de la quantité de chlore à introduire dans l'eau à traiter.* — Il ne saurait être question, en vue de les rendre stériles, de traiter toutes les eaux d'alimentation par une même dose de chlore actif, pas plus qu'on ne saurait l'envisager vis-à-vis d'une même eau considérée à deux moments différents. Le taux de javellisation est, en effet, tributaire de nombreux facteurs, variables en qualité et quantité d'une eau à l'autre, et, pour une même eau, d'un instant à l'autre.

Les plus importants de ces facteurs sont :

- 1° le degré de pollution des eaux (nombre et nature des germes, durée de leur séjour dans les eaux);
- 2° la plus ou moins forte présence de matières organiques.

A ces facteurs d'ordre interne, on peut en adjoindre d'autres d'ordre externe, variables au gré de l'expérimentateur. Parmi ces derniers, nous citerons :

- 1° la durée de contact de l'eau avec la solution javellissante;
- 2° le brassage;
- 3° la quantité de chlore initial utilisé.

Que le taux de javellisation varie avec le degré de pollution, rien n'est plus évident, car plus une eau est contaminée, plus elle contient de germes résistant au chlore;

mais encore faut-il tenir compte de l'origine et de la nature de ces germes. « La dose de chlore nécessaire pour détruire le colibacille n'est pas tout à fait proportionnelle à la quantité de microbes contenus dans la suspension. En effet, dans une suspension de germes, il y a toujours des cellules plus ou moins résistantes. » (Dienert.) Le *B. coli* récemment isolé des fèces est plus résistant qu'un germe longtemps isolé au laboratoire ou longtemps isolé dans les eaux. De même, l'Eberth est plus sensible que le coli, mais le bacille dysentérique, l'entérocoque, l'amœba *hystolica*, le sont davantage. Donc, si l'on désire éliminer le coli et les germes de résistance supérieure, il est nécessaire de déterminer la nature et l'abondance de ces germes et de modifier en conséquence le taux de javellisation.

Les matières organiques influent de diverses et très importantes façons sur l'efficacité de la stérilisation, ceci en raison de leur nature et surtout de leur quantité.

Le chlore agit sur les matières organiques en se combinant avec elles, en les décomposant ou en les oxydant, « mais l'action du chlore n'est pas seulement, comme on le croit trop souvent, une action oxydante semblable à celle de MnO_4K ; ces deux actions sont très distinctes, car, outre son pouvoir oxydant, le chlore peut se combiner aux matières organiques ou à H de NH_3 . Il a donc souvent une action chlorurante, en particulier sur l'ammoniac et l'urée (Dienert) ». D'une manière générale, la dose de chlore à utiliser est fonction de la quantité de matières organiques contenues dans l'eau contaminée; d'après Pecker, il importe peu que ces matières organiques soient d'origine animale et appartiennent schématiquement à la série des acides organiques aminés, ou d'origine végétale et constituées par des substances de la famille des tannins. Dans les deux cas, la fixation de chlore demeure à peu près identique, avec léger avantage aux matières organiques végétales.

Envisageant ensuite les facteurs d'ordre externe, nous voyons que le chlore est absorbé suivant une loi logarithmi-

que. L'absorption est grande dans les cinq premières minutes, puis décroît jusqu'à être aussi grande dans les cinq premières minutes que dans les trois heures qui suivent le premier quart d'heure (Dienert). La durée minimum de contact entre l'eau et la solution stérilisante doit être de trente minutes, et encore, surtout lorsque les eaux sont riches en matières organiques et contiennent des matières en suspension susceptibles de dérober les bactéries à l'action du chlore, est-il prudent de brasser énergiquement la masse et d'utiliser une dose initiale de chlore assez importante. Le brassage facilite grandement la stérilisation en assurant un rapide et intense mélange; il peut être réalisé naturellement par les conditions mêmes de la circulation de l'eau entre le poste d'épuration et les robinets de distribution, ou artificiellement, à l'aide de dispositifs spéciaux : agitateurs, roues à palettes, lorsqu'il s'agit d'un récipient fixe.

La dose initiale de chlore, dont nous parlions plus haut, n'est pas indifférente à la bonne marche de l'ensemble. Au cours d'expériences personnelles, Pecker a déterminé que lorsqu'on vient à ajouter à une eau une quantité définie de chlore en hypochlorite, une partie disparaît, soit par transformation moléculaire de l'hypochlorite, soit par combinaison avec les éléments dissous dans l'eau; il appelle cette partie le *chlore fixé* et démontre que le reste, ou *chlore utile*, agissant sur les germes, est d'autant plus considérable par rapport au chlore fixé que la dose de stérilisant initialement employée est, aussi, plus considérable. L'action chimique du chlore est donc d'autant plus énergique, plus rapide et plus complète que sa concentration dans l'eau est plus élevée. Enfin, il n'est pas jusqu'à l'élévation de température qui ne contribue, pour sa part, à accroître l'efficacité de la javellisation.

Pour nous résumer, cette efficacité est fonction du degré de pollution des eaux et de la nature des germes qu'elles recèlent, de leur teneur en matières organiques et de leur limpidité, enfin de diverses conditions d'application laissées à

l'initiative de l'expérimentateur. Sous condition de ne négliger aucun de ces facteurs, la javellisation peut répondre aux desiderata des hygiénistes les plus exigeants.

*Test-gamme et détermination volumétrique
du taux de javellisation.*

Mais, dira-t-on, comment déterminer, au moment d'une stérilisation, chacun de ces facteurs, comment surtout les suivre dans leurs perpétuelles variations avec assez de rapidité et de précision pour apporter à temps le remède qui s'impose ? Comment, en un mot, déterminer extemporanément la dose utile de chlore à employer, compte tenu des considérants qui précèdent ?

Pour résoudre la difficulté, on se borne à effectuer une expérience préliminaire fort significative, javellisation en petit appelée : recherche du test-gamme, susceptible de donner en peu de temps les indications nécessaires à une purification efficace. Le mode opératoire est le suivant : on utilise la solution javellisante dont 1 goutte correspond à 0 mg. 03 de chlore actif. On prend 5 flacons de 1 litre, bouchés à l'émeri et numérotés de 1 à 5. Dans chaque flacon, on verse 500 cc. d'eau suspecte; on compte ensuite dans chaque flacon numéroté un nombre de gouttes de la solution javellisante correspondant aux numéros. Après contact d'un quart d'heure et agitation au début, au milieu et à la fin de l'expérience, on ajoute dans chaque flacon 5 gouttes de réactif ioduro-amidonné. On note le numéro du premier flacon coloré appartenant à la série des flacons non colorés. Ce flacon indique le taux utile de javellisation. Supposons qu'il porte le numéro 3 : le taux de javellisation sera de 0 mg. 3 par litre.

Concurremment avec cette méthode du test-gamme, on peut utiliser la méthode volumétrique de Pecker ou encore celle de Dienert :

a) *Méthode de Pecker avec $\text{S}^2\text{O}_3\text{Na}^2$* . — Dans une fiole de 1.000 cc. environ, on introduit :

1.000 cc. d'eau suspecte;

100 cc. de solution à 0 g. 5 de chlore actif p. 1.000;

on agite et on laisse en contact $1/2$ heure;

on ajoute ensuite :

10 cc. d'IK à $1/10$,

5 cc. d'empois d'amidon,

5 cc. $\text{CH}^3\text{CO}^2\text{H}$,

et on titre le chlore en excès avec une solution de $\text{S}^2\text{O}_3\text{Na}^2$

$\frac{\text{N}}{35,5}$ dont 1 cc. = 1 milligramme de chlore actif.

Cl absorbé = $(5 - n)$ milligrammes.

b) *Méthode de Dienert avec As^2O_3* . — La demi-heure de contact étant écoulée, on ajoute 20 cc. de solution de : ClNH_4 à 20 p. 100, puis :

10 cc. IK $\frac{1}{10}$,

5 cc. d'empois d'amidon,

et on titre l'excès de chlore avec As^2O_3 alcalin $\frac{\text{N}}{35,5}$.

Cl absorbé = $(5 - n)$ milligrammes.

Quelle que soit la méthode employée, afin d'opérer à coup sûr une stérilisation parfaite, il est recommandé d'augmenter de 0 mg. 2 la dose de chlore actif indiquée par l'expérience (Dienert), cette dose devant suffire pour que le chlore soit toujours présent pendant toute la durée du contact avec l'eau à purifier. Il s'ensuit que l'eau distribuée dans les immeubles contient du chlore libre, dont la présence n'est pas tolérée, en France, au-dessus de certaines limites. Pour se débarrasser de ce chlore en excès, on effectue une déchloration : cette dernière s'opère soit en faisant passer l'eau au travers d'une couche de charbon de bois de 0 m. 60 d'épaisseur, surmontée d'ordinaire de 0 m. 30 de gravier, soit en neutralisant par le sulfite ou le thiosulfate de sodium. Il faut 2 milligrammes

de thiosulfate et 3 mg. 5 de sulfite pour neutraliser 1 milligramme de chlore. La neutralisation est complète après environ un quart d'heure de contact et peut être aisément contrôlée comme suit : à 500 cc. d'eau déchlorée, on ajoute 1 cc. d'IK à $\frac{1}{10}$ et 5 cc. d'empois d'amidon; on ne doit pas obtenir de coloration bleue.

Le Roy préconise l'usage d'un réactif infiniment plus sensible : il utilise une solution aqueuse d'hexaméthyltripaminotriphenylméthane, qui donne une coloration violette immédiate en présence de traces infinitésimales de chlore libre.

Signalons, enfin, que les truites sont extrêmement sensibles aux faibles doses de chlore.

Appareils distributeurs de solutions stérilisantes.

Ces appareils sont très nombreux, et leur description individuelle, longue et fastidieuse sortirait du cadre de cet exposé général de la méthode. Nous nous bornerons donc à signaler que pour une javellisation intermittente, de fortune, le simple vase de Mariotte peut rendre d'excellents services. Si la javellisation est installée à demeure, on a recours à des appareils plus complexes, automatiques, débitant une quantité de solution d'hypochlorite strictement proportionnelle au volume des eaux à traiter. Si, pour une raison quelconque, l'eau vient à manquer, le débit de solution stérilisante s'arrête aussitôt grâce à un système d'enclenchement qui rend les débits solidaires. D'une manière générale, on devra porter son choix sur des appareils à surveillance et réglage faciles, ayant longtemps fait leurs preuves et fabriqués avec des matériaux difficilement altérés, sous l'action oxydante du chlore.

Nous citerons parmi les plus connus : l'appareil Vienne, qui « cherche à réaliser l'automaticité du déversement d'hypochlorite en utilisant la succion de l'hypochlorite par la vitesse même du courant d'eau à javelliser »; l'appareil S. E. A., qui assure la proportionnalité entre l'eau pompée et la quantité d'hypochlorite déversée, en l'absence de toute surveillance;

l'appareil Vila, fort utilisé pendant la guerre, essentiellement constitué par une trompe à eau qui, « actionnée par l'eau pompée, aspire une solution d'hypochlorite contenue dans un récipient »; l'appareil Piault, également utilisé aux armées, réglé par un système de flotteurs.

Nous en pourrions mentionner bien d'autres, différant davantage par le détail que par le principe; nous nous bornerons à étudier ultérieurement l'ingénieux dispositif réalisé à Archon, dispositif susceptible, comme ceux qui précèdent, et moyennant une infime surveillance, d'assurer une constante sécurité.

Javellisation ou verdunisation ?

Nous ne voudrions pas terminer cet exposé de la stérilisation par le chlore sans dire quelques mots d'un procédé particulier dont la paternité revient à M. Bunau-Varilla : nous voulons parler de la verdunisation ou autojavellisation imperceptible.

D'une conception particulière quant aux minimales doses de chlore utilisées et quant à l'interprétation de l'action de ces faibles doses de chlore, la verdunisation, bousculant un peu les données classiques de la javellisation admises depuis toujours, suscite de nombreuses oppositions et de nombreuses polémiques dans le monde des hygiénistes. Voici les faits : en 1917, la javellisation pratiquée aux armées en vue de purifier les eaux communiquait à ces dernières un goût et une odeur de chlore si accentués que les soldats refusaient d'en faire usage. M. Bunau-Varilla chercha alors à déterminer si des doses inférieures à celles normalement utilisées (1 à 5 milligrammes de chlore actif par litre d'eau) pourraient suffire à stériliser les eaux. Les résultats obtenus se montrèrent si positifs que, à la suite de nombreuses expériences, on préconisa l'emploi de doses variant entre 1/5^e de décimilligramme et quelques décimilligrammes de chlore pour débarrasser de leurs germes les eaux du quartier général de la II^e armée, puis les

eaux de la ville de Reims. A nouveau les résultats furent satisfaisants. En même temps, M. Bunau-Varilla donnait une solution favorable au problème de la distribution automatique de la solution stérilisante.

Comment expliquer cette action de faibles doses de chlore ? M. Techoueyres, disciple de M. Bunau-Varilla dans l'application de la verdunisation, nous répond : « La quantité de chlore fixé n'est pas, comme on pourrait le croire, une fonction déterminée et fixe de la quantité de matières organiques. » On admet généralement, ajoute-t-il, que l'hypochlorite de soude agit par oxydation. A un atome de chlore correspond un atome d'O dégagé. Donc à 46 grammes d'O correspondent 35 grammes de chlore. Or, l'eau de Reims fixe par litre 1 milligramme d'O.

Il faudrait donc lui ajouter 2 milligrammes de chlore; or $\frac{1}{10}$ de milligramme suffit largement. « Il semble donc indiqué de chercher une autre explication. L'action chimique de l'hypochlorite au contact de la matière organique doit, en dehors de l'action oxydante, engendrer l'émission de rayons analogues aux ultra-violets, lesquels détruisent la vie microbienne dans une sphère considérablement plus étendue que celle où se produit l'effet chimique oxydant. » (B.-Varilla.) Si on place un tube de quartz contenant de l'hypochlorite de sodium dans un tube en quartz plein d'eau polluée, lequel tube est placé à son tour dans un autre plus grand contenant de l'hypochlorite de sodium, on constate, après vingt-quatre heures, une diminution sensible des germes. Avec des tubes de verre, on ne constate rien de tel. Donc, l'action bactéricide semble bien due au dégorgement, par la solution d'hypochlorite, de rayons semblables aux ultra-violets.

De plus, en eau trouble, l'action des hypochlorites ne peut être sensiblement réduite, car la dispersion des ultra-violets se fait dans la masse même avec les molécules d'hypochlorite, dont chacune est un centre d'émission, ce qui diffère beaucoup d'une émission extérieure telle que celle provenant d'une lampe de Cooper Hewitt (Bunau-Varilla et Techoueyres).

D'expériences complémentaires entreprises par M. Téchoueyres il résulte qu'une stérilisation complète est obtenue avec 3 décimilligrammes de chlore, sur une eau de Reims artificiellement chargée de 66.000 colibacilles par litre.

Tel est l'exposé schématique de la verdunisation, méthode de conception nouvelle, grandement battue en brèche par les partisans de la javellisation, en général, et en particulier par M. Dienert. En effet, dit ce dernier, M. Bunau-Varilla émit sa théorie « après avoir constaté que le *B. coli* peut disparaître avec des doses de chlore incapables d'oxyder toute la matière organique de l'eau; il ne peut admettre, en conséquence, une action chimique et antiseptique du chlore sur les microbes tant que cette matière organique n'est pas oxydée. Pour prouver la réalité de ces émissions d'ultra-violets, M. Techoueyres procède à des expériences qu'il dit très concluantes, mais, ayant refait ces expériences, nous concluons que la théorie de M. Bunau-Varilla ne se vérifie pas », et même les résultats des expériences concorderaient-ils, « rien ne s'opposerait à ce que le chlore ait une action propre sur la matière organique du microbe ». Enfin, « MM. Bunau-Varilla et Techoueyres pensent que le chlore oxyde la matière organique; nous avons vu plus haut que son action est une combinaison et non une oxydation. Quant aux prétendus rayons microbicides, ils sont sans action sur le papier photographique (Dienert). »

A ces critiques, M. Techoueyres répond, à son tour, avec non moins de véhémence.

« D'après M. Dienert, dit-il, plus on met de germes dans l'eau, plus il faut de chlore pour les détruire ». L'expérience contredit cette assertion : quand les doses de chlore augmentent en progression arithmétique, le nombre de microbes tués augmente en progression géométrique. Il n'y a donc pas proportionnalité. De plus, les expériences de M. Dienert s'appliquent à des milliers de colibacilles, alors que, dans la pratique, il ne faut en éliminer que quelques centaines.

Si les expériences pour démontrer l'existence des ultra-violets ne sont pas concluantes, cela ne démontre pas que

l'action destructive ne soit pas due à des rayonnements qui ne traverseraient pas le quartz ou qui, le traversant, arriveraient de l'autre côté de la paroi trop affaiblis pour exercer une action mesurable. Ce qui force à admettre cette hypothèse, c'est la rapidité de l'action de l'antiseptique et la dose infime employée (Techoueyres). Il ajoute : « Bien que M. Dienert affirme le contraire, mon hypothèse repose sur le phénomène chimique quel qu'il soit : décomposition de la molécule d'hypochlorite d'abord, puis oxydation ou chloruration de la matière organique ensuite, et sur les émissions de rayons qui s'ensuivent. »

Ainsi, chacun restant sur ses positions, parce que confiant en ses expériences personnelles, le débat semble s'envenimer plutôt que se résoudre et demeure sans solution décisive. Est-ce dans la javellisation normale ou dans la javellisation imperceptible que réside la clef de toute stérilisation efficace ? Embarassante question à laquelle nous ne répondrons pas à dessein, car le temps nous a manqué pour reprendre une série d'expériences susceptibles de conférer un semblant d'autorité à notre jugement personnel. Par contre, M. Debès condamne franchement la verdunisation et lui conteste même toute originalité : « En résumé, dit-il, l'eau de Javel est employée à Reims dans les mêmes conditions d'action que partout ailleurs... La dose d'eau de Javel a été déterminée par l'expérience, de manière à détruire le colibacille pouvant se trouver accidentellement dans l'eau à traiter, qui est naturellement très pure, très peu chargée en matières organiques et rarement microbienne : c'est également ce que l'on fait partout... On n'applique donc, à Reims, aucune méthode nouvelle. »

Reste à savoir si l'on peut en dire autant des quelque 40 villes qui utilisent avec succès la verdunisation. A Arcachon, en face d'une si profonde divergence d'opinions, et jusqu'à plus amples preuves, on a préféré, dans un but de sécurité, employer trop de chlore que trop peu et adopter la javellisation.

On se souvient, en effet, que les projets d'ozonisation, sérieusement mis à l'étude, ne purent se réaliser pour diverses raisons.

La perte de temps inhérente à de tels tâtonnements pouvait, au début des fortes chaleurs, devenir grandement préjudiciable à la santé des consommateurs. C'est pourquoi, en mai 1929, M. le Professeur agrégé R. Sigalas, adjoint délégué à l'hygiène, partisan d'une action rapide et efficace, mit promptement sur pied un projet de stérilisation par javellisation; il put aisément démontrer à la Commission d'hygiène que ce mode de purification, simple, économique, d'utilisation universelle, ferait avantageusement face aux plus sévères exigences. Son idée ne fut pas longue à prévaloir, et la réalisation en fut entreprise dans le moindre délai. On pensa tout d'abord à introduire la solution stérilisante dans une conduite en charge située dans Arcachon même, mais, après avis d'un expert, on décida de réaliser cette opération dans une partie non en charge de la conduite, au lieu dit Le Courneau, situé à égale distance de Cazaux et de La Teste. L'eau bénéficierait ainsi avant distribution d'un long et énergique brassage avec la solution d'hypochlorite. Le 22 juillet 1929, on installait en bordure de la route, au-dessus de la canalisation et face à la gare du Courneau, un baraquement en planches destiné à abriter les appareils de distribution. Le 24, on javellisait pour la première fois au taux de 0 mg. 5 de chlore par litre; au cours des mois qui suivirent, les résultats furent si nets, si constants, que la stérilisation fut désormais envisagée, non comme un palliatif intermittent, mais comme une mesure de sécurité absolument permanente.

Le poste de javellisation du Courneau.

Nous disions, il y a un instant, que la Commission d'hygiène avait décidé, sur la proposition du Professeur agrégé R. Sigalas, de javelliser au niveau de la gare du Courneau. Les avantages d'une telle situation sont les suivants : grâce à un

premier regard situé au niveau du pont du Saous, il est possible, par des examens quotidiens, de suivre la régularité et l'efficacité de la stérilisation, et grâce à un second qui lui fait suite, une neutralisation du chlore en excès par $S^2O^3Na^2$ deviendrait, au besoin, d'une réalisation aisée.

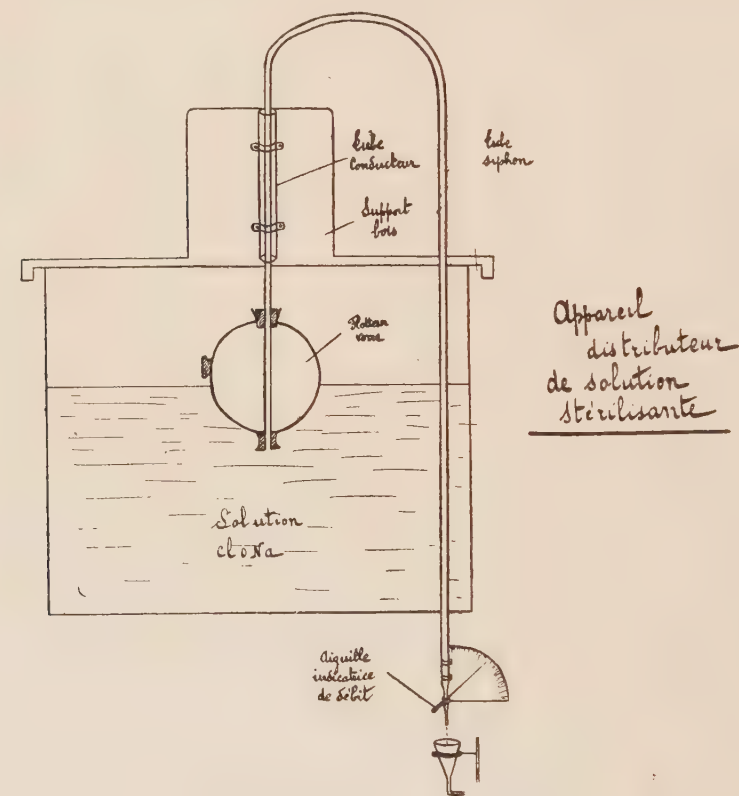
Le poste de javellisation fut donc établi tout au-dessus de la conduite, à cheval sur le ruisseau qui borde la route de La Teste à Cazaux, entre cette route et la gare. L'étroite proximité de cette dernière facilitait du même coup le transport de bonbonnes d'eau de Javel reçues par voie ferrée. Quant au poste lui-même, constitué par une seule pièce presque entièrement encombrée de cuves et d'appareils de distribution, il fut construit en bois et d'une façon trop sommaire pour répondre longtemps aux exigences d'une stérilisation permanente.

Primitivement, l'ensemble des appareils décanteurs et distributeurs était ainsi constitué : deux cuves d'une contenance respective de 100 et 140 litres, destinées à recevoir la dilution d'eau de Javel, compte tenu du taux de javellisation et du débit présumé des eaux, communiquaient par un tube de cuivre rouge coupé de robinets avec un vase à niveau constant muni d'un pointeau et d'un flotteur. Au sortir du vase, la solution tombait, au moyen d'un dispositif complexe, dans un godet placé sur un plateau de balance, puis, par l'intermédiaire d'un tube de fer, gagnait la conduite maîtresse pour se mélanger à l'eau en marche vers Arcachon.

Aussi longtemps que le godet placé sur le plateau de la balance demeurait entièrement plein, il entraînait un contrepoids placé sur le second plateau; mais si, pour une raison quelconque, l'écoulement venait à s'arrêter, le contrepoids reprenant ses droits, faisait basculer l'ensemble et actionnait une sonnette avertissant d'un arrêt dans le fonctionnement de l'appareil. Cette dernière éventualité, d'abord rare, se produisit par la suite avec une inquiétante fréquence. Après contact avec la solution chlorée, d'une part divers produits, d'oxydation se déposaient dans les cuves, d'autre part, les métaux constituant tubes et flotteurs étaient sujets à une forte cor-

rosion, toutes choses occasionnant une obstruction partielle puis totale des conduites de distribution.

A plusieurs reprises, l'agent de surveillance et le Docteur Marcotte durent, par des moyens de fortune, débarrasser de leur gangue les tubes ainsi obstrués; aussi décida-t-on de ne pas utiliser plus longtemps un appareil reconnu déficient et de



le remplacer par un appareil exclusivement en verre. La réalisation de ce dernier fut aussitôt mise à l'étude, et M. le Professeur Sigalas, d'accord avec M. Marcotte, suggéra l'emploi du dispositif suivant : un long tube de verre à faible diamètre interne était recourbé en U, de manière à former un siphon à branche descendante plus longue de 50 centimètres environ que la branche ascendante. Cette dernière formait un tout soli-

daire, comme l'indique le schéma ci-joint, avec une sphère creuse, en verre, destinée à flotter à la surface de la solution stérilisante contenue dans la cuve, la position verticale de l'ensemble étant obtenue grâce à un manchon support à frottement doux, incapable d'entraver les mouvements ascendants ou descendants du système. Enfin, à l'extrémité du siphon était adapté un robinet muni d'une aiguille se déplaçant sur un cadran indicateur de débit.

Grâce à ce dispositif, quel que fût le niveau de la solution chlorée dans la cuve, la charge restait constante dans le siphon et, par suite, le débit invariable.

Un tel distributeur, éminemment simple, économique et inaltérable, rendit, dès son utilisation, de si éloquents services que toute surveillance continue parut désormais inutile : aucune irrégularité dans le débit, aucune cause d'obstruction partielle ou totale du siphon utilisé. Le courant de solution chlorée circulant dans ce mince tube de 3 millimètres de diamètre avec une notable vitesse empêche l'apparition de bulles de chlore gazeux, susceptibles, par leur formation sous l'action de la chaleur, d'entraver l'écoulement; quant aux divers oxydes préformés dans la cuve, ils ne peuvent s'engager dans le tube sans en être aussitôt expulsés.

Par un excès de précautions, on décida cependant de faire précéder les deux cuves existantes d'une troisième cuve à décantation dont les eaux, filtrées, par surcroît, sur coton de verre, sortiraient entièrement débarrassées de leurs produits d'oxydation; ainsi fut fait, et, de ce jour, aucune difficulté nouvelle ne vint sérieusement entraver la javellisation des eaux d'Arcachon.

L'installation, telle que nous finissons de la décrire à gros traits, a fonctionné pendant deux ans avec une remarquable rigueur, et demeure en honneur dans le nouveau poste de javellisation du Becquet dont nous allons maintenant nous entretenir.

Le nouveau poste de javellisation du Becquet.

Lorsque, le 29 mai 1930, les membres de la Commission d'hygiène se rendirent au Courneau afin d'examiner le poste de javellisation, ils furent défavorablement surpris de le trouver si exigü et si incommode; ils furent encore unanimes à déplorer l'absence d'un chai spécialement affecté à l'entreposition des bonbonnes d'eau de Javel et à juger insuffisante la cuve de décantation en service. Ainsi apparut l'impérieuse nécessité de construire un nouveau poste de javellisation fonctionnant selon les mêmes principes que le poste existant, mais plus vaste, plus pratique, plus rationnellement conçu.

On envisageait, il est vrai, depuis fort longtemps, cette amélioration, si bien que, au cours de sa séance du 10 juillet 1930, le conseil municipal adopta, sur la proposition du Professeur agrégé R. Sigalas, le projet de construction d'un nouveau poste de javellisation. Restait à lui affecter un emplacement convenable. Entre Le Becquet et La Teste, il n'y fallait pas songer, pour deux motifs : en premier lieu on estimait avec juste raison qu'une distance minimum de 5 kilomètres entre le poste et les robinets de distribution était nécessaire à un fonctionnement efficace de la stérilisation; à cette difficulté d'ordre scientifique s'ajoutait une seconde difficulté d'ordre matériel du fait de l'approfondissement progressif de la conduite à partir du Becquet, approfondissement destiné à la maintenir en charge. Entre Cazaux et Le Becquet, les difficultés, pour être moindres, demeuraient cependant très sensibles : dans l'intervalle de ces deux points, la canalisation se trouve en aqueduc souterrain non en charge susceptible, du fait de sa longue utilisation, de recueillir désormais par des fissures éventuelles diverses infiltrations d'eaux contaminées. Si nous parlons de fissures, c'est que l'expérience nous en a prouvé l'existence presque certaine entre Cazaux et le poste de javellisation, mais non après ce dernier. Cependant, ce qui a pu se produire avant est peut-être à la veille de se produire après et d'annihiler

les effets bienfaisants de la javellisation. De plus, à partir de Cazaux hameau, route départementale et voie ferrée se suivent si étroitement pendant de nombreux kilomètres qu'aucun bâtiment un peu considérable ne peut leur être interposé. On avait bien songé à établir le poste à quelque 20 mètres à l'intérieur des bois, de l'autre côté de la voie ferrée, mais il eût fallu dévier la conduite d'un angle assez considérable, la gagner d'une seconde conduite en ciment dans la partie sous-



jacente à la voie ferrée et, pour ce faire, consentir d'énormes dépenses et de longues perturbations préjudiciables à la marche normale des approvisionnements en eaux potables nécessaires à l'alimentation d'Arcachon.

Dans l'impossibilité de trouver un emplacement satisfaisant entre Cazaux et Le Becquet, comme entre Le Becquet et La Teste, on résolut d'établir le nouveau poste au Becquet même, tout près de la voie ferrée, en un point où cette dernière et

la route, accusant une certaine divergence, se laissent séparer par une bande de terre de largeur croissante.

Les avantages d'une telle situation sont dès maintenant établis, depuis que le poste du Becquet a pris, le 12 septembre 1931, la relève de la stérilisation.

Le traitement étant désormais effectué à la suite du trop-plein, on ne court plus le risque de javelliser en pure perte un excès d'eau destiné à s'écouler dans quelque ruisseau voisin; désormais, sitôt la javellisation effectuée, aucune pollution microbienne ne pourra plus prendre naissance dans cette conduite entièrement en charge, susceptible de laisser échapper de l'eau, mais incapable d'en recueillir.

Envisageant les choses sous un angle plus pratique, nous mentionnerons encore que le poste du Becquet répond d'une manière très satisfaisante aux exigences du service qui lui est imposé.

Il comprend essentiellement trois pièces : une pièce centrale, ou salle des appareils, de 6 m. 50 × 4 m. 90, éclairée par de nombreuses et larges impostes et communiquant avec les deux pièces latérales : une pièce latérale, ou laboratoire, de 3 m. × 5 m., située à droite de la pièce centrale en regardant la voie ferrée; une seconde pièce latérale, ou entrepôt, également de 3 m. × 5 m. et située à gauche de la pièce centrale en regardant la voie ferrée. Ces deux dernières pièces communiquent seules avec l'extérieur.

L'ensemble a une longueur de 13 m. 12, une largeur de 5 m. 30 et une superficie de 69 m². Enfin, on y accède par l'intermédiaire d'un chemin forestier qui se greffe sur la route de La Teste à Cazaux, traverse la voie ferrée et se perd dans les bois situés plus à l'ouest.

Taux de javellisation.

En se reportant, d'une part, aux divers résultats analytiques dont nous faisons mention dans notre deuxième chapitre, d'autre part aux chiffres de nos expériences personnel-

les consignées dans le chapitre qui suit, on acquiert la double conviction :

- 1° que la javellisation était préférable à la verdunisation.
- 2° que cette javellisation doit même nécessiter une quantité de chlore libre assez considérable.

Il y a quelque vingt ans, les analystes mentionnaient, d'une manière assez constante, dans les eaux de Cazaux, jusqu'à 5 milligrammes de matières organiques dosées en milieu acide et 2,5 milligrammes dosées en milieu alcalin, chiffres voisins des nôtres en ce qui concerne l'eau du lac, inférieurs si nous considérons l'eau au poste de javellisation même, très inférieurs à mesure que nous nous approchons davantage d'Arcachon.

Sans approfondir ici la cause de ces variations, il semble qu'une telle constitution chimique implique, pour la stérilisation d'une eau, un taux de javellisation élevé. Pour en juger, procédons à l'expérience du test-gamme. Ce dernier nous renseigne aussitôt d'une façon imprévue en témoignant d'une absorption oscillant, après trente minutes de contact, entre 0 mg. 5 et 1 milligramme de chlore par litre d'eau mis en expérience. Forts de cette indication, javellisons, comme cela s'est pratiqué si longtemps au Courneau, à 0 mg. 50 ou 0 mg. 75 par litre. Le test-gamme ne nous avait pas trompé : malgré les matières organiques, malgré les dépôts ferrugineux, l'eau traitée est intégralement débarrassée de ses colibacilles, comme en témoignent les échantillons prélevés à l'un des puisards situés quelques kilomètres plus loin.

Bien mieux, la présence de chlore libre n'est guère décelable à Arcachon qu'avec un taux de javellisation égal ou supérieur à 4 mg. 8. En pratique, ce taux n'étant jamais atteint, une déchloration par $S^2O^3N^2$, par exemple, perd toute utilité. De telles particularités, de constatation aisée, sont d'explication plus délicate : toutefois, sachant que l'eau de Cazaux est énergiquement brassée, des kilomètres durant, avec la solution chlorée et que cette eau n'est normalement consom-

mée que douze heures après son passage au niveau du Courneau (nous ne parlons pas du poste du Becquet, dont le fonctionnement est tout récent), on comprendra mieux que chaque unité microbienne doit fatalement être frappée au cours de cette longue chevauchée, et que le chlore en excès disparaît spontanément, sans autre intervention étrangère.

Mais que, pour une raison quelconque, on veuille écarter une telle explication, il semble que seule la théorie de M. Bunau-Varilla puisse rendre compte des anomalies révélées par l'expérience. Des *soi-disant* anomalies, devrions-nous dire, après lecture de ces lignes significatives écrites par M. Debès à la fin d'un travail sur la javellisation : « L'expérience seule est capable de leur dire (aux municipalités) quelle pourra être la dose de produit nécessaire pour obtenir la stérilisation dans les conditions pratiques où elles se trouvent. »

CHAPITRE IV

RECHERCHES PERSONNELLES

Avec le second chapitre de notre travail, nous avons entrepris l'étude des eaux de Cazaux, de leur constitution première, de leurs déficiences acquises, de leur potabilité sujette à contestations : ceci posé, nous nous sommes ensuite efforcé de relater fidèlement les diverses phases de la lutte incessante engagée par la Commission d'hygiène pour conserver à ces eaux les qualités incontestées qu'elles tendent à perdre au cours de leur transport. Reste donc à examiner la portée des améliorations consécutives à ces efforts, à déterminer s'il demeure ou non à Arcachon un problème des eaux : ceci servira de thème au présent chapitre. Pour ce faire, il suffisait de procéder méthodiquement à de nouvelles expériences physiques, chimiques et bactériologiques et de juger impartialement, chiffres obtenus en main.

Mais avant d'entrer dans le vif du sujet, nous jugeons utile de dire quelques mots du processus adopté en ce qui concerne les expérimentations chimiques et bactériologiques.

Au point de vue chimique, nous envisagerons l'eau de Cazaux :

- 1° au lac;
- 2° en divers points de la canalisation;
- 3° en divers points d'Arcachon,

afin de nous rendre compte :

- a) des variations possibles survenues, depuis les dernières analyses, dans la constitution de l'eau du lac;

- b) des transformations que cette eau subit au cours de son transport dans la conduite;
- c) de sa valeur hygiénique *actuelle* au moment de la distribution aux usagers.

Au point de vue bactériologique, nous rendrons compte des analyses journalières effectuées depuis de longs mois au Laboratoire municipal d'hygiène et d'analyses personnelles effectuées dans ce même laboratoire en vue de juger de l'efficacité de la stérilisation.

§ 1. — *Analyses physiques.*

Nous avons pu les mener à bonne fin grâce à l'éminente intervention de M. le Doyen qui nous a spontanément autorisé à utiliser les appareils perfectionnés en service dans son laboratoire et qui, au cours de notre étude, a tenu à nous honorer de sa présence et de ses conseils.

Nos recherches visaient à la détermination des deux points essentiels suivants :

- A. Détermination de la concentration en ions hydrogène, c'est-à-dire détermination du pH par la méthode électrométrique;
- B. Détermination de la résistivité.

A. — DÉTERMINATION DU pH PAR LA MÉTHODE ÉLECTROMÉTRIQUE.

Les données scientifiques suivantes ont été empruntées à un travail effectué par M. Roulaud, dans le laboratoire de Physique médicale et pharmaceutique du Professeur Sigalas. Ce travail est intitulé *Contribution à l'étude physico-chimique de l'eau de mer et à la mesure du pH*. (thèse pharmacie, juin 1927).

Production du courant dans les solutions.

Pile de concentration. Formule de Nernst.

« Prenons deux flacons A et B contenant deux solutions d'azotate d'argent de concentration C et C', c'est-à-dire ren-

fermant respectivement C et C' ions grammes Ag par litre, de telle sorte que $C < C'$. Plongeons deux électrodes d'argent P1 en A et P2 en B; établissons, à l'aide d'un siphon rempli d'un liquide conducteur, une liaison entre les vases A et B. Nernst a montré que si l'on réunit P1 à P2 par un fil métallique, il se produit dans le fil un courant de sens tel qu'il se dirige du vase contenant la solution de concentration la plus élevée vers l'électrode en contact avec la solution de concentration inférieure, de P2 vers P1 dans l'exemple choisi. La pile constituée est une pile de concentration dont la force électromotrice Δ a pour valeur :

$$\Delta = 0,00019837 \frac{T}{n} \log \frac{C}{C'}$$

T désignant la température absolue à laquelle a lieu l'expérience, n la valence de l'ion en solution. »

*Application de la formule de Nernst
à la concentration des ions H+.*

« Nous pouvons remplacer la chaîne de concentration précédente par la suivante :

» lame d'hydrogène;

» Solution contenant 1 ion gramme d'H par litre : On a : $C=1$;

» Solution dont on veut déterminer la concentration en ions H+;

» On a : $C' = [H+]$;

» lame d'hydrogène.

» Pour réaliser une telle chaîne, on prend comme lame d'hydrogène une lame de métal noble (Pt, Au, Pd) platinée et saturée d'hydrogène. Dans ces conditions, la formule de Nernst devient :

$$\Delta = 0,00019837 T \log \frac{1}{[H+]}$$

» Dans la pratique, l'électrode normale en ions H+ n'étant pas stable, elle est remplacée par la demi-chaîne

Hg/Hg cl/ solution Kcl, qui constitue l'électrode au calomel, étalonnée une fois pour toutes par rapport à l'électrode normale à hydrogène.

» Soit E sa différence de potentiel par rapport à cette dernière, si E' est la différence de potentiel électrode d'hydrogène, solution inconnue, la force électro-motrice de la pile de concentration ainsi formée sera :

$$E_1 = E + E^1$$

or : $E^1 = 0,000\ 19837\ T\ pH$

mais : $E^1 = E_1 - E$

donc : $0,000\ 19837\ T\ pH + E_1 - E$

$$pH = \frac{E_1 - E}{0,000\ 19837\ T}$$

» E est connu, il suffira donc de mesurer E₁ pour avoir le pH cherché. Pour cette mesure, nous utiliserons la méthode d'opposition de Poggendorff. Elle consiste à opposer pôle à pôle à un autre électromoteur, pris comme étalon, celui dont on veut mesurer la force électro-motrice. On fait varier celle de l'accumulateur jusqu'à déviation nulle d'un galvanomètre intercalé dans le circuit. A ce moment, les forces électro-motrices étant égales, on en déduit celle de l'électromoteur inconnu. » (Roulaud.)

Sous une forme plus accessible, on peut résumer ou synthétiser le manuel opératoire comme suit :

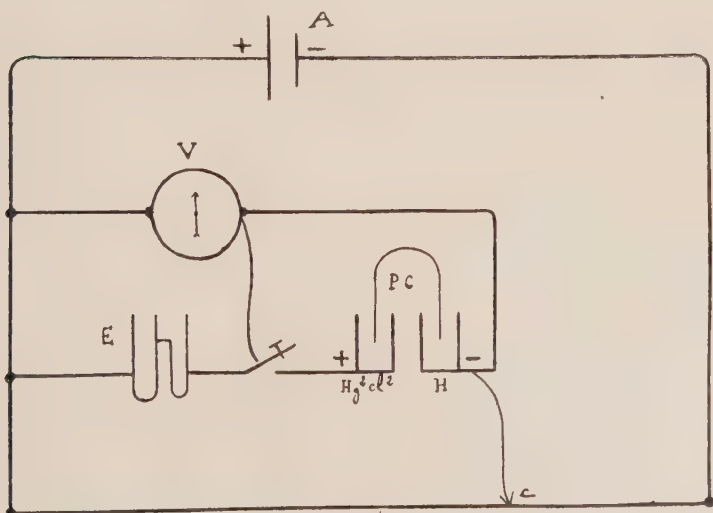
PRINCIPE. — 1° *Différence de potentiel électrode-solution.*
— Toutes les fois qu'une lame métallique quelconque est au contact d'un liquide (serait-ce de l'eau pure), il s'établit entre la lame et le liquide une circulation d'ions, laquelle se traduit par une différence de potentiel. Cette différence de potentiel électrode-solution est tellement faible qu'elle ne saurait être décelée directement; on ne peut la déterminer qu'en l'opposant à une force électro-motrice aisément mesurable en utilisant la méthode d'opposition.

2° *Electrode d'hydrogène.* — Pour déterminer la diffé-

rence de potentiel électrode-solution correspondant à un liquide donné, il faut évidemment un terme de comparaison que l'on considère comme représentant l'unité. Ce terme de comparaison n'est autre que l'électrode gazeuse à hydrogène. En pratique, on ne saurait préparer commodément une électrode gazeuse, mais l'expérience a démontré que l'équivalent s'obtenait en immergeant, d'une certaine quantité, une lame de platine platiné dans un liquide où barbote un courant d'hydrogène pur, lequel gaz entoure l'électrode de platine en exerçant une certaine pression à la surface du liquide. Cette électrode d'hydrogène est en réalité une pile que l'on associe en tension avec une électrode au calomel dite électrode de référence, laquelle possède une différence de potentiel facile à déterminer. (Ces deux électrodes à hydrogène et au calomel ont leurs liquides respectifs reliés par un siphon.)

Leur ensemble constitue ce que l'on est convenu d'appeler une pile de concentration.

RÉALISATION (voir schéma). — Le problème se ramène, dès lors, à l'aide de la méthode d'opposition de Pogendorff, à



opposer la pile de concentration P_c constituée comme il vient d'être dit à un générateur électro-chimique de force électromotrice connue (accumulateur A ou élément étalon Weston).

On met en opposition ces sources d'électricité (pile de concentration-accumulateur) en faisant varier par déplacement d'un curseur C sur le fil potentiométrique p la résistance du circuit jusqu'à égalité des deux forces électromotrices opposées, égalité décelée par un appareil de zéro : l'électromètre de Lippman E. La valeur de la force électromotrice cherchée est fournie directement en millivolts par un millivoltmètre V intercalé dans le circuit. La déviation lue au millivoltmètre, utilisée en appliquant la formule de Nernst :

$$P_H = \frac{E - A}{B}$$

qui tient compte de la température et de la pression, donne directement la valeur du PH cherché.

Voici, en application de cette méthode et après des essais nombreux et concordants, quels ont été les résultats obtenus avec 4 échantillons d'eau prélevés respectivement du lac de Cazaux (au-dessus de la tête de prise), au nouveau poste de javellisation du Becquet, avant javellisation, et dans deux demeures particulières sises à Arcachon, boulevard de la Plage :

	θ	P_H électrométrique.
Eau du lac (prélevée au-dessus de la prise).	16°	6,85
Eau du Becquet.....	16°	6,89
Eau d'Arcachon n° 1.....	16°	6,60
Eau d'Arcachon n° 2.....	16°	6,58

Ces résultats nous sont particulièrement précieux : ils nous enseignent que l'eau du lac de Cazaux possède, à l'origine, une acidité qui, pour n'être pas exceptionnelle, n'en demeure pas moins fort sensible. Cette acidité ne saurait provenir de Co^2 , dont la proportion dans ces eaux est extrêmement faible, comme nous en rendrons compte ultérieurement.

ment. Elle ne peut être, selon nos prévisions, que d'origine humique, communiquant aux eaux qui nous occupent des propriétés agressives de fâcheuse notoriété.

L'augmentation d'acidité révélée par les échantillons prélevés à Arcachon s'explique de même fort naturellement : Nous avons vu que la formule générale de la javellisation implique une formation d'acide chlorhydrique. En présence d'eaux normalement minéralisées, ce dernier se trouve rapidement neutralisé. Ici, il n'en est rien : les néfastes propriétés corrosives de l'acide ainsi formé, jointes à celles des acides humiques préexistant, peuvent s'exercer sans contrainte, car la présence de carbonates s'avère expérimentalement si faible dans les eaux de Cazaux qu'il est préférable de n'en attendre aucun secours de neutralisation.

Cette défectuosité pourrait être considérée comme un léger tribut payé à la stérilisation : nous verrons dans le chapitre suivant par quelles mesures on peut espérer la combattre et l'annihiler.

B. — DÉTERMINATION DE LA RÉSISTIVITÉ.

La détermination de la résistivité électrique d'une eau est désormais une méthode trop consacrée, trop universellement connue pour que nous songions à en énoncer par le détail et le principe et la technique. Chacun sait qu'elle nécessite l'emploi du classique pont de Kohlrausch et qu'elle indique avec une remarquable constance le degré de minéralisation d'une eau.

Voici seulement les résultats obtenus avec les eaux prélevées si rapidement pour la détermination du pH et pour la détermination de la résistivité :

Matériau	θ	ρ	$\frac{1}{\rho}$
Eau du lac prise au-dessus de la prise	18°	7.671 φ 4	$1,30 \times 10^{-4}$
Eau du Becq	18°	6.446 φ 4	$1,55 \times 10^{-4}$
Eau d'Arcachon n° 1	18°	6.321 φ 4	$1,58 \times 10^{-4}$
Eau d'Arcachon n° 2	18°	6.321 φ 4	$1,58 \times 10^{-4}$

La résistivité confirme donc entièrement les résultats analytiques communiqués par nos prédécesseurs et laisse déjà entrevoir les conclusions de nos analyses chimiques personnelles.

En un mot, n'aurions-nous fait que l'étude physique des eaux du lac de Cazaux que nous en aurions connu la physiologie exacte : eaux agressives, d'une pureté extrême, cela étant une conséquence de ceci. Le tableau ci-joint nous démontre en effet que l'on a pu comparer, à juste titre, l'eau du lac de Cazaux à de l'eau distillée, car, malgré un léger fléchissement de la résistivité aux approches de la ville, fléchissement décelé dans des proportions identiques par l'analyse chimique, cette eau demeure jusqu'au moment de sa distribution d'une pureté extrême. Rien d'anormal, dès lors, à ce que la neutralisation de l'acidité mentionnée plus haut soit impuissante à se produire.

De cette courte étude, il ressort que sans l'apport précieux des déterminations physiques, les analyses chimiques et bactériologiques ne peuvent que donner naissance à des solutions incomplètes; nous ne saurons assez dire de quelle aide primordiale se privent les analystes qui omettent de recourir à leurs remarquables enseignements.

§ 2. — *Analyses chimiques.*

Un bref coup d'œil rétrospectif sur les comptes rendus analytiques des expérimentateurs passés nous a appris combien on avait approfondi cette question de la constitution chimique des eaux de Cazaux. Nos archives sont riches de tant de documents, mais on demeure assez surpris, à détailler l'ensemble, de constater que les divers prélèvements furent effectués presque exclusivement aux deux extrémités de la prise d'eau de Cazaux-lac et Arcachon. Or, nous l'avons aussi entrevu, l'eau distribuée en ville n'est qu'une image bien imparfaite de cette eau si pure et si limpide qui s'engouffre dans la conduite à la cadence de 15.000 mètres cubes par jour. Un rapide passage

dans ce tunnel de fonte et de ciment et nous la retrouvons tout autre, défigurée par l'apport ou la perte de certains éléments, parfois modifiée dans ses caractères les plus profonds, souvent adultérée par la rencontre de divers métaux qu'elle corrode.

Dès lors, quelle base prendra-t-on pour apprécier l'eau d'Arcachon ? En la jugeant seulement à Cazaux, ne tendra-t-on pas prématurément à la déclarer potable ? En l'examinant à Arcachon, ne courra-t-on pas le risque de se laisser influencer par son aspect et de la tenir pour suspecte ?

A notre sens, on risque de nous répéter, nous pensons que la question doit être reprise dans des limites plus larges. Les eaux du lac seules, comme les eaux d'Arcachon seules, ne peuvent donner que des indications imprécises et fragmentaires, et c'est afin de combler la lacune qui les sépare que nous avons répété nos expériences aussi souvent que cela nous a paru utile, aux points présumés les plus intéressants de la conduite d'amenée. De cette façon, il nous a été plus aisé d'assister virtuellement à l'évolution constante et polymorphe de ces eaux, d'en noter, au gré de leur formation, les modifications essentielles, par conséquent de mieux prévoir les remèdes palliatifs ou curatifs à apporter aux déficiences qui se révèlent, compte tenu de leur nature et de leur lieu d'apparition.

A. — TECHNIQUE DES ANALYSES CHIMIQUES.

Techniques classiques :

- Résidu fixe à 120 degrés;
- Résidu fixe au rouge;
- Matières volatiles au rouge;
- Matières organiques;
- Azote nitrique et azote nitreux;
- Azote ammoniacal libre et albuminoïde;
- Chlorures;
- Chaux;

Techniques classiques (*suite*) :

Alcalinite;
 Degré hydrotimétrique total;
 Degré hydrotimétrique permanent;
 Acide phosphorique {
 Hydrogène sulfuré { recherches:

Acide sulfurique. — Dans un tube de Nessler, on met :

50 cc. d'eau;
 1 à 2 cc. de réactif de Marty.

On compare avec des étalons préparés avec une solution de SO_4K_2 à 0,36 p. 1.000, dont 1 cc. = 0,0002 de SO_4H_2 .

Magnésie. — Le liquide dont on a séparé l'oxalate de calcium dans le dosage de la chaux est évaporé à sec et calciné pour chasser les sels ammoniacaux. Le résidu est dissous dans 50 cc. d'eau bouillante, filtré, le filtre lavé à l'eau bouillante, les eaux de lavage étant réunies au filtrat. On ajoute au liquide 30 cc. de solution de phosphate de soude à 50 grammes p. 1.000, 30 à 40 cc. d' NH_3 , on laisse déposer douze heures, on décante sur un filtre, on détache les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien avec un agitateur caoutchouté, on entraîne le précipité sur le filtre, on lave avec NH_3 ou demi, on sèche et on calcine au rouge vif dans une capsule préalablement tarée et on pèse le résidu à l'état de pyrophosphate de magnésium. Le poids du résidu multiplié par 5, puis par 0,36, donne le poids de MgO contenu dans un litre d'eau (d'après Molliex).

Silice. — La capsule contenant le résidu fixe au rouge est remplie d'eau distillée jusqu'à 1 centimètre du bord; on y ajoute 5 cc. d' HCl chimiquement pur, on évapore à sec au bain-marie bouillant, on reprend le résidu par un peu d'eau bouillante et d' HCl , on évapore à siccité encore une fois et on porte à l'étuve à 130 degrés pendant quelques heures. Le résidu est repris à nouveau par HCl et l'eau bouillante, on jette sur un filtre à analyse; la capsule et le filtre sont lavés à l'eau bouillante, les eaux de lavage sont réunies à l'eau mère. Le filtre

est séché à 100 degrés et calciné dans une capsule tarée. Le poids du résidu correspond à la silice exprimée en SiO_2 (en partie d'après Molliex).

Fer et alumine. — Sur le liquide provenant du dosage de la silice, on verse quelques gouttes d'acide nitrique et on porte à l'ébullition pour peroxyder le fer; on ajoute 10 à 15 cc. d'une solution de chlorhydrate d'ammoniaque à 10 p. 100 et de l'ammoniaque goutte à goutte jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. On laisse décanter, on passe le liquide clair sur un filtre d'analyse, on lave le précipité par décantation, à l'eau bouillante, dans le bécher, on fait passer le précipité sur le filtre et on continue le lavage. On sèche le filtre, on le calcine dans une capsule tarée et on pèse. On trouve ainsi la somme de l'alumine et de l'oxyde de fer contenus dans le volume d'eau (d'après Molliex).

Plomb. — Recherche : Dans un tube de Nessler, on met :

50 cc. d'eau;

5 gouttes $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$;

1 cc. de solution de CNK à $\frac{1}{10}$;

10 gouttes de solution aqueuse à $\frac{1}{10}$ de monosulfure de sodium.

Si on obtient une coloration ou un précipité brun $\rightarrow$ plomb.

Le dosage s'effectue avec des étalons préparés avec une solution à 1 g. 60 de nitrate de plomb par litre et dont 1 cc. = 0,001 de plomb.

Cuivre. — Recherche par les réactifs ordinaires.

Le dosage s'effectue de la même manière que le dosage du plomb.

Extraction des gaz dissous dans l'eau. — Méthode classique par ébullition et absorption au moyen de KOH et d'acide pyrogallique.

B. — RÉSULTATS ANALYTIQUES.

En se reportant aux résultats expérimentaux condensés dans le tableau ci-joint, on trouvera l'énumération des lieux de

prélèvements, dont le choix nous a paru le plus judicieux : deux prélèvements au lac, l'un au-dessus de la bouche de prise d'eau, l'autre beaucoup plus au large; puis un prélèvement à la gare de Cazaux-hameau, un nouveau au poste du Courneau avant javellisation, un autre au Pont du Saous, le suivant à La Teste, enfin à Arcachon à l'extrémité de canalisations particulières, respectivement en fer, en cuivre d'installation ancienne, en cuivre d'installation récente et en plomb.

En fait, nous avons consigné deux analyses sous la rubrique « Courneau », mais nous ne tiendrons compte que de la seconde, les résultats de la première ayant été faussés par la formation d'une importante fissure dans la conduite, quelques centaines de mètres avant le point de prélèvement. En ce qui concerne le dosage des gaz dissous, quatre prélèvements, opérés au lac, au poste du Courneau, à La Teste et à Arcachon, ont semblé suffisants à notre enseignement.

Caractères organoleptiques. — Dès 1851, l'*Annuaire des eaux de France* définit ainsi une eau potable : « Une eau peut être considérée comme potable et bonne, dit-il, quand elle est fraîche, limpide, sans odeur, quand sa saveur est très faible, quand elle n'est surtout ni désagréable, ni fade, ni salée, ni douceâtre, etc. »

Bien que de nos jours les qualités physiques des eaux tendent, au cours des expertises, à jouer le rôle de parents pauvres, il ne peut être question de n'en point faire état : aussi dirons-nous quelques mots de celles des eaux qui nous occupent, pour reconnaître d'ailleurs qu'elles répondent imparfaitement aux exigences qui précèdent. Fraîches, les eaux du lac de Cazaux le sont, assurément, à différents degrés suivant les saisons, mais très suffisamment en toute circonstance. De leur odeur, nous ne saurons rien dire puisque chaque échantillon analysé s'est révélé à notre odorat d'une parfaite neutralité.

Par contre, leur saveur n'est pas absolument indifférente : ce n'est pas que leur forte teneur en ClNa donne à ces eaux une saveur salée, si faible fût-elle, mais, par contre, on leur découvre vite une légère fadeur dont l'intensité tend à s'ac-

Résultats des analyses chimiques effectuées sur les eaux du lac de Cazaux.

Lieu de prélèvement.....	Cazaux lac 500 mètres au large d'eau	Cazaux lac au-dessus de la prise d'eau	Cazaux hameau	Le Courneau avant javelisa- tion	Pont du Saous	La Teste	Arcachon Rue République	Arcachon laboratoire conduite cuivre	Arcachon domicile particulier conduite plomb	Le Courneau (après fissure dans la conduite) 26 mars 1931
Date	9 mars 1931	9 mars 1931	26 mars 1931	22 avril 1931	14 avril 1931	22 avril 1931	27 avril 1931	27 avril 1931	27 avril 1931	26 mars 1931
Couleur.....	Lég ^r jaunâtre sous forte épais.	Lég ^r jaunâtre sous forte épais.	L ^r jaunâtre sol. forte p ^r ai s.	Lég ^r jaunâtre Nulle	Jaundre sous faible épaisseur	Jaundre sous faible épaisseur	Jaundre sous faible épaisseur	Jaundre sous faible épaisseur	Jaundre sous faible épaisseur	Jaundre sous faible épaisseur
Odeur.....	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle	Nulle
Saveur.....	Agréable	Agréable	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade	Lég ^r fade
Limpidité.....	Satisfaisante	Satisfaisante	A peu près satisf.	Passable	Passable	Passable	Passable	Passable	Médiocre	Médiocre
Dépôt.....	Nul	Nul	Lég ^r jaune rouge	Lég ^r jaune rouge	Abondant	Abondant	Abondant	Très léger	Abondant	Abondant
Réaction au tournesol.....	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre
Résidu fixe à 110°.....	0,0936	0,0964	0,4040	0,4095	0,4142	0,4286	0,4298	0,4305	0,4320	0,4160
Résidu fixe au rouge.....	0,0370	0,0376	0,0646	0,0793	0,0792	0,0837	0,0865	0,0897	0,0877	0,0780
Matières volatiles au rouge.....	0,0386	0,0388	0,0394	0,0395	0,0410	0,0429	0,0433	0,0435	0,0443	0,0410
Matières organiques en O em- prunté à MnO ₄ K.....										
Milieu acide.....	0,00428	0,00432	0,00392	0,00376	0,00718	0,00806	0,00903	0,00992	0,00945	0,00712
Milieu alcalin.....	0,00256	0,00255	0,00315	0,00380	0,00398	0,00463	0,00502	0,00575	0,00538	0,00363
Azote nitrique.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azote nitreux.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azote ammoniacal en NH ₃										
NH ₃ salin.....	0,000220	0,000220	0,000232	0,000277	0,000295	0,000346	0,000394	0,000354	0,000385	0,000306
NH ₃ organique.....	0,000180	0,000183	0,000197	0,000234	0,000242	0,000240	0,000242	0,000243	0,000240	0,000243
Azote ammoniacal total.....	0,000400	0,000405	0,000429	0,000489	0,000529	0,000586	0,000633	0,000639	0,000675	0,000634
Chlorures en ClNa.....	0,0614	0,0643	0,0643	0,0643	0,0643	0,0643	0,0672	0,0643	0,0643	0,0643
Chlore correspondant.....	0,0372	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0390	0,0408	0,0390	0,0408	0,0390
Acide sulfurique en SO ₃	0,00200	0,00250	0,00262	0,00263	0,00254	0,00260	0,00293	0,00290	0,00296	0,00266
Sulfate de chaux correspon- dant.....	0,00340	0,00425	0,00445	0,00447	0,00431	0,00442	0,00498	0,00493	0,00503	0,00452
Acide phosphorique.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alcalinité en Co ²⁺ Ca.....	0,010	0,010	0,015	0,019	0,020	0,024	0,023	0,023	0,023	0,020
Chaux en CaO.....	0,00890	0,00900	0,00740	0,00448	0,00464	0,00420	0,00475	0,00483	0,00464	0,00460
Magnésie en MgO.....	0,00108	0,00114	0,00452	0,00470	0,00482	0,00483	0,00294	0,00198	0,00290	0,00482
Silice en SiO ₂	0,00326	0,00508	0,00807	0,00815	0,00682	0,00680	0,00750	0,00762	0,00746	0,00340
Fer.....										
Alumine.....	0,00384	0,00392	0,00436	0,00506	0,00327	0,00620	0,01083	0,00642	0,00666	0,01022
Plomb.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00300	0
Cuivre.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acide sulfhydrique.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Degré hydrotimétrique total.....	3°,2	3°,3	3°,4	3°,6	3°,6	3°,8	4°	4°	4°	3°,6
Degré hydrotimétrique per- manent.....	2°	2°	2°	2°,1	2°,1	2°,1	2°,3	2°,3	2°,3	2°,1

croître à mesure que l'on approche d'Arcachon. Il n'est pas besoin de chercher très loin la raison d'un tel état de choses : la présence toujours plus intense de matières organiques à mesure que l'on s'éloigne du lac suffit à l'expliquer.

Pour ce qui est de la couleur, on sait que les eaux pures sont légèrement teintées de bleu; mais les matières organiques, notamment la lixiviation de feuilles dans les eaux de ruissellement, y ajoutent souvent une couleur jaune plus ou moins intense, et le jaune faible donne avec le bleu une teinte verdâtre qu'ont presque toutes les eaux superficielles. Celles de Cazaux n'échappent pas à la règle et présentent sous forte épaisseur une légère teinte vert brun, que l'on retrouve si exagérée dans certaines eaux stagnantes du plateau landais.

La présence d'une telle coloration, inhérente à la situation du lac au cœur d'une épaisse forêt, est sans importance aucune, mais nous n'en pouvons dire autant de l'aspect notablement trouble que prend l'eau de Cazaux dès son introduction dans la conduite d'amenée. Il ne faut pas oublier que l'imparfaite limpidité d'une eau peut, *a priori*, la faire rejeter de l'alimentation sans autre examen consécutif; à Arcachon, on a paru moins sévère, en raison de la rigoureuse transparence des eaux au lac en toute saison et parce que l'on sait depuis toujours que la précipitation du fer sous forme de sesquioxyde est seule responsable d'un tel méfait. Il n'en demeure pas moins que la présence d'un trouble, voire d'un précipité, prouve l'inefficacité partielle des mesures prises pour les combattre et le besoin de réaliser dans l'avenir des améliorations nouvelles. Pour nous résumer, nous dirons que les qualités physiques des eaux de Cazaux n'ont pas très sensiblement changé depuis les analyses de M. Mérignon et de ses prédécesseurs : odeur nulle, fraîcheur suffisante, couleur légèrement verdâtre, limpidité absolue au lac, relative ou médiocre dans la conduite, comme on le constatait jadis. Seul le trouble dû au transport est, peut-être, plus important, et plus fade la saveur en raison d'un enrichissement notable en matières organiques.

Matières organiques. — Leur proportion semble, en effet, s'être légèrement accrue depuis quelques années, non au lac, mais au cours du cheminement des eaux vers Arcachon. Nous le faisons remarquer dans notre chapitre II : il faut étudier d'assez près l'origine des eaux de Cazaux pour n'être pas surpris de ces chiffres oscillant entre 2 et 5, 7 milligrammes de matières organiques évaluées en O emprunté à MnO^4K en milieu alcalin. Écoutons la voix autorisée de M. Dienert (eaux douces et eaux minérales) : « Une eau potable ne doit pas contenir une dose de matières organiques (évaluée en O emprunté à MnO^3K en milieu alcalin) supérieure à 2 milligrammes par litre. Si l'on constate une teneur plus élevée, on peut soupçonner une arrivée d'eau superficielle chargée de matières organiques, sans pouvoir affirmer cependant que ces dernières constituent un danger. »

On peut d'autant moins l'affirmer en ce qui concerne les eaux d'Arcachon que leurs matières organiques se trouvent être à peu près deux fois plus importantes (évaluées en O emprunté à MnO^4K) en milieu acide qu'en milieu alcalin. Ceci, Pouchet et Bonjean l'ont depuis longtemps démontré, garantit expérimentalement leur nature végétale, donc leur innocuité et la potabilité des eaux qui les contiennent. Mais, dira-t-on, que signifie cette augmentation de matières organiques à mesure que l'on s'éloigne du lac ? Nous répondrons ceci : l'eau prélevée au lac est déjà riche en matières organiques, dont nous avons précédemment expliqué l'origine; d'autre part, les eaux ferrugineuses, et *a fortiori* les eaux agressives susceptibles de corroder dans une certaine mesure le fer et la fonte des canalisations, constituent un milieu d'éclosion et de culture remarquable pour certaines algues et certaines bactéries du genre *Crénothrix*, susceptibles d'y proliférer avec une vitalité considérable. Leur fixation dans les conduites se trouve d'ailleurs favorisée par la formation du précipité de sesquioxyde de fer déjà souvent mentionné, substratum tout indiqué pour cette abondante végétation. Rien

d'étonnant dès lors à ce que, au gré des changements de pression, consécutifs aux variations de débit, ces matières parasites soient lentement désagrégées et contribuent à l'enrichissement constant en matières organiques révélé par l'expérience.

Une analyse de boues prélevées dans une conduite le 7 mars 1928 est, à ce sujet, très instructive. En voici les résultats :

Matières organiques.....	52,79 %
Oxyde de fer.....	39,24 %
Chaux et magnésie.....	1,93 %
Silice gélatineuse et sable siliceux.....	4,03 %
Eléments non dosés (chlorures, sulfates, etc.)	2 %

La matière organique est ainsi composée :

1° Débris végétaux;

2° Matières humiques provenant de la décomposition plus ou moins complète d'organismes végétaux. Parmi ces organismes, on identifie :

a) des algues;

b) des bactéries filamenteuses du genre *Crénothrix*
Polyspora, masses feutrées, colorées en brun par l'oxyde de fer qui se dépose dans leurs filaments.

Débris végétaux, algues, bactéries, tels sont les facteurs essentiels permettant d'expliquer cet apport permanent de matières organiques. Nous sommes, cependant, convaincus qu'à cet apport s'ajoute l'apport personnel de certaines eaux d'infiltration ayant réussi à se faufiler, par l'intermédiaire de fissures, dans la conduite déjà un peu ancienne, et ceci entre Cazaux et le Courneau. Précisons d'ailleurs immédiatement que cet apport n'a jamais, au cours de nos recherches, amené de perturbation dans le rapport établi entre les matières organiques évaluées en milieu alcalin et celles évaluées en milieu acide.

Cette eau d'infiltration serait donc, pour sa part, chargée de matières organiques végétales en proportion sensiblement égale à celle des eaux de Cazaux auxquelles elle se joint.

Nous avons trouvé confirmation de cette manière de voir le 26 mars 1931 lors d'un prélèvement effectué au Courneau, alors qu'une fissure venait de se former dans la conduite à quelques centaines de mètres en amont. A l'analyse, certains éléments tels que le fer avaient considérablement augmenté, alors que les matières organiques demeuraient sensiblement constantes.

De tout ce qui précède, il résulte que la forte présence de matières organiques végétales dans les eaux distribuées à Arcachon ne doit donner lieu à aucune inquiétude; elle est une conséquence inévitable du régime et de l'origine des eaux landaises, de l'imperméabilité du sous-sol et de l'absence de sources vives; quant à la fadeur qu'elle provoque, nous ne saurions la noter que comme un minime inconvénient presque extérieur au domaine strict de l'hygiène.

Chlorures. — « L'appréciation de la potabilité d'une eau, dit le *Formulaire militaire*, t. II, a pour base la proportion de chlore qu'elle contient. Les nitrates et l'O absorbé ne sont par leur proportion, les nitrites et NH^3 par leur présence, des facteurs certains de souillure qu'autant qu'il existe simultanément dans l'eau une quantité élevée de chlore. » Une telle affirmation, pour aussi juste qu'elle soit, dans la plupart des cas, ne saurait être prise à la lettre, et nous nous sommes déjà efforcés de le démontrer : une conclusion analytique ne peut prétendre à l'absolu qu'à condition de se plier à une interprétation préalable. C'est pourquoi nous n'aurons garde de considérer comme fâcheuse la présence simultanée, en quantité notable, de chlorures et de matières organiques dans les eaux du lac de Cazaux. Ce dernier, nous l'avons démontré, est le vestige d'une ancienne conche marine, et les eaux qui l'alimentent ruissellent en partie sur des sols abandonnés par l'Océan, donc très riches en ClNa . Ceci est une nouvelle conséquence de la situation vraiment particulière qu'occupent

tous les lacs du littoral gascon. Et à considérer ces eaux qui, selon nos analyses et celles de nos prédécesseurs, contiennent invariablement 6 centigrammes de chlorures (en ClNa) et sont livrées à la consommation depuis de nombreuses années sans préjudice aucun, on songe aussitôt que la théorie érigeant la proportion de chlorures en clef de voûte de l'interprétation analytique doit être appliquée avec beaucoup de prudence et beaucoup de discernement.

En tout cas, jamais la présence de chlorures marines ne pourra faire suspecter la potabilité des eaux arcachonnaises.

Azote ammoniacal (NH^3 saline et NH^3 organique). — Les résultats que nous a fournis l'expérience accusent, sur les chiffres de M. Mérignon, un certain accroissement de l'azote ammoniacal albuminoïde. Sa présence suit, avec atténuation, la courbe ascendante des matières organiques sans jamais sortir des limites compatibles avec la potabilité.

Azote nitrique et nitreux. — Les traces d'azote nitrique, accidentellement présentes, ne retiendront pas plus longtemps notre attention du fait de leur minime et intermittente existence.

Sels minéraux. — Si nous exceptons les chlorures qui méritent dans notre compte rendu une mention spéciale, nous remarquons que les eaux de Cazaux sont extrêmement peu minéralisées, ayant ceci de commun avec les eaux de la plupart des lacs. Aussi leur degré hydrotimétrique voisine-t-il parfois de celui de l'eau distillée. Quant au Co^2 dissous dans ces eaux, incapable d'orienter son activité vers une combinaison calcique ou magnésienne, il exerce son action corrosive sur les conduites, en compagnie des acides humiques.

On a émis des opinions fort divergentes sur la nécessité des sels calcaires dans les eaux d'alimentation. Boussingault et A. Gauthier voient en leur faible présence la cause certaine des déficiences osseuses. Les eaux, disent-ils, ne fournissent plus à l'organisme les aliments nécessaires à sa minéralisation.

Pour Ogier et Bonjean, au contraire, l'organisme cherche et trouve ailleurs les éléments minéraux que l'eau ne saurait lui fournir.

Comme toujours, nous croyons que la vérité réside en un juste milieu et qu'il ne peut être nuisible, comme le disait, en 1915, M. Merignon, de consommer des eaux soit trop, soit trop peu chargées en sels minéraux.

Fer. — Avec la question du fer, nous touchons un problème dont l'imparfaite résolution est seule responsable de la méfiance que bien des Arcachonnais manifestent à l'égard de l'eau qu'on leur distribue. Le fer n'est-il pas le constituant essentiel de ce trouble contre lequel s'élèvent de si nombreuses et véhémentes protestations ? protestations motivées par l'aspect peu engageant des eaux, mais aussi par les incessantes dépenses qu'entraîne pour chacun le débouchage des canalisations si rapidement obstruées. De plus, la présence du fer, favorisant l'éclosion d'algues et de bactéries, provoque d'une manière indirecte l'accroissement des matières organiques dans les eaux et la fadeur au goût qui en résulte. Il n'en est pas moins vrai que personne n'aurait jamais songé à contester leurs qualités aux eaux de Cazaux, si le fer qu'elles contiennent était resté, par bonheur, sous une forme invisible. Autrement dit : aussitôt que l'on rendra à l'eau d'Arcachon sa limpidité première, la majeure partie des usagers n'aura souci de se souvenir qu'elle contient une forte proportion de matières organiques et de chlorures et la déclarera, à juste titre d'ailleurs, excellente.

Toute la question des eaux d'Arcachon réside donc pour l'avenir dans l'élimination du fer. A vrai dire, nos analyses nous ont enseigné, comme on peut s'en rendre compte d'autre part, qu'il reste, en ce sens, au moins autant de chemin à parcourir que de chemin parcouru, et ce malgré les incessantes améliorations effectuées depuis de longs mois. Expliquons-nous : le fer dont nous déplorons la présence a plusieurs origines. Il provient :

- 1° des eaux de Cazaux en raison de leur ruissellement permanent sur l'aliôs, avant collection dans le lac;

- 2° d'une légère corrosion de la conduite maîtresse qui réunit Cazaux à Arcachon;
- 3° d'une corrosion des canalisations secondaires d'Arcachon, canalisations non encore en « Italit »;
- 4° d'une forte corrosion des canalisations particulières d'Arcachon, canalisations non encore en cuivre.

D'après nos analyses, l'eau contient 3 mg. 9 de fer au lac, 6,2 après passage dans la conduite maîtresse, 6,5 à Arcachon, au sortir d'une conduite en cuivre, 10 au sortir d'une conduite en fer. Les chiffres qui précèdent correspondent bien à nos prévisions; seule l'augmentation de 3 à 6 milligrammes au cours du transport de Cazaux à La Teste nous semble excessive étant donnée la nature de la conduite. Reprenant la suggestion par nous émise au sujet de l'accroissement des matières organiques, nous répéterons que le fer ainsi apparu provient en partie d'infiltrations, au travers de la conduite, d'eaux fortement ferrugineuses. Ainsi s'explique la présence, sitôt après Cazaux-hameau, de flocons d'oxyde de fer III gélatineux croissant en quantité à mesure que l'on approche de La Teste. Nous pensons qu'il se passe en petit ce qui advint lorsque, le 26 mars 1931, une crevasse prit jour dans la conduite : nous trouvâmes alors dans un échantillon d'eau prélevée au Courneau plus de 10 milligrammes de fer, et l'analyse bactériologique décelait un certain nombre de colibacilles restés introuvables à Cazaux.

A partir du Becquet, la même explication perd sa valeur; par contre, la forte déclivité de la conduite, déclivité indispensable au maintien en charge, augmente notablement la pression. Dès lors, les dépôts ferrugineux tapissant les tuyaux se trouvent brassés, partiellement arrachés et provoquent l'enrichissement en fer révélé par l'expérience.

Pour nous résumer, hors les quatre origines mentionnées plus haut, le fer provient encore d'apports extérieurs, inhérents au vieillissement de la conduite, et de dépôts ferrugineux désagrégés par les eaux sous pression et entraînés par

elles. Notons cependant les indéniables progrès réalisés par l'emploi de l'Italit et du cuivre. L'eau émergeant d'une conduite en cuivre, à Arcachon, ne contient pas plus de fer que l'eau prélevée à La Teste; l'eau émergeant d'une conduite en fer en contient 4 nouveaux milligrammes. Ceci fait davantage regretter que le mauvais état de la conduite contre-balance de si réelles améliorations. Quoi qu'il en soit, si la présence d'un dépôt ferrugineux dans l'eau d'Arcachon lui communique un aspect peu séduisant, présente des inconvénients sérieux pour les usages domestiques ou la régularité du débit, il ne peut jamais être une cause d'intoxication, si minime soit-elle.

Nous ne pensons pas que cette vérité paraisse jamais très évidente aux particuliers; nous ne pensons pas non plus qu'il faille s'en tenir paresseusement au *statu quo*. Aussi doit-on résolument marcher de l'avant et, forts de l'expérience passée, envisager des remèdes nouveaux d'une efficacité meilleure.

Cuivre. — Les résultats analytiques obtenus :

1° après prélèvement à une canalisation neuve;

2° après prélèvement à une canalisation en service depuis quelques semaines,

démontrent mieux que tout commentaire combien est judicieux le choix du cuivre comme constituant des canalisations.

Plomb. — Nous avons tenu à analyser une eau provenant de tuyaux en plomb afin de mieux montrer à quel degré d'acuité arriverait le saturnisme si la Commission municipale d'hygiène n'avait mis à l'index l'emploi du plomb pour l'installation des conduites dans les immeubles d'Arcachon.

Gaz dissous. — Au cours de leur transport, les eaux de Cazaux perdent une notable proportion de leur O dissous, mais s'enrichissent très sensiblement en N et en CO². Ces changements s'expliquent fort bien par la présence dans la canalisation de nombreux végétaux — algues, diatomées, bactéries — dont les réactions vitales, à l'abri de l'air et de la lumière, ne peuvent que modifier, dans le sens révélé par l'expérience, la composition du milieu qui les contient. L'eau

consommée à Arcachon, loin d'être riche en oxygène, en contient cependant une proportion telle que sa potabilité demeure largement sauvegardée. D'ailleurs, selon l'avis même de Pouchet, la proportion de sels minéraux et de gaz dissous ne tient plus qu'une faible place dans les préoccupations des hygiénistes.

	LAC à 10 mètres du bord	LE COURNEAU	LA TESTE	LABORATOIRE municipal d'Arcachon
Gaz totaux.....	21 ^{cc} ,2	30 ^{cc} ,9	30 ^{cc} ,5	29 ^{cc}
O	8,1	4,2	4,5	3
N	12,2	21,4	20,1	20,2
CO ²	0,9	5,3	5,9	5,8

CONCLUSION.

Durant la réalisation des analyses précédentes, notre souci constant a été d'obtenir des résultats reflétant le plus fidèlement possible la situation actuelle et de les interpréter en toute impartialité. Nous aurions désiré, sans trop l'espérer cependant, que nos travaux eussent abouti à des constatations plus originales. S'il n'en a guère été ainsi, la faute en est à la constance de constitution chimique des eaux qui nous occupent. Cependant, nous ne saurions mieux terminer cette étude chimique qu'en répétant ceci : grâce aux considérables travaux réalisés durant les années passées, le saturnisme a pratiquement disparu d'Arcachon. Nous avons expliqué le processus de la corrosion métallique pour énoncer ensuite les remèdes qu'on lui opposa, et c'est un devoir pour nous de constater que ces remèdes furent d'une efficacité telle que les intoxications plombiques ne demeurent qu'à l'état de fâcheux souvenirs dans les esprits des usagers.

Sitôt ce danger écarté, les eaux livrées à la consommation ont été reconnues manifestement potables. Nous n'aurons garde de mettre en doute ce jugement, dont nos recherches ont prouvé la profonde et durable vérité.

Seul, l'aspect des eaux demeure déficient; pourquoi s'en alarmer, puisque nuls sont les risques ? Et pourquoi tant d'amères critiques, alors que personne n'ignore combien la Commission d'hygiène a travaillé à réaliser des améliorations, imparfaites peut-être, mais combien tangibles ! Faire montre d'une plus large compréhension de la situation et d'une meilleure patience ne peut qu'être d'une aide morale précieuse à ceux dont l'intérêt premier est de rendre aux eaux d'Arcahon leur limpidité native.

§ 3. — *Analyses bactériologiques.*

« L'analyse bactériologique de l'eau se propose d'estimer l'importance de son peuplement microbien, de qualifier les espèces rencontrées, en particulier celles dont l'habitat ordinaire est l'organisme humain et qui ne sont qu'en transit dans l'eau, et d'en déduire ainsi le degré de potabilité de celle-ci (Guillerd). »

Nous pourrions ajouter qu'une telle déduction doit avoir pour base un nombre suffisant de déterminations analytiques : une seule analyse est un non-sens scientifique; quelques examens isolés ou exécutés sans plan très concret ne peuvent engendrer que des conclusions douteuses; seules les déterminations répétées avec une longue persévérance sont d'un parfait enseignement. Les précédentes remarques, d'ordre tout à fait général, s'appliquent *a fortiori* au contrôle de la pureté bactériologique d'une eau javellisée; aussi, lorsque, le 24 juillet 1929, commença, d'une manière permanente, la stérilisation des eaux de Cazaux, M. le Professeur R. Sigalas et M. le Docteur Marcotte envisagèrent aussitôt la nécessité d'un contrôle quotidien de la potabilité de ces eaux après traitement. Avant la venue de MM. Sigalas et Marcotte, l'essai

bactériologique était pratiqué sans grande continuité ni grande méthode; grâce à leur initiative, on allait pouvoir désormais suivre jour par jour les effets de la javellisation, ses bienfaits ou son insuffisance, et pallier, dans un délai maximum de quelques courtes heures, à une déficience de son fonctionnement. En fait, afin de bien montrer aux usagers avec quels soins méticuleux ou surveillait les eaux qui leur étaient livrées, ce ne fut pas un seul, mais plusieurs examens journaliers que l'on effectua, soit avant, soit surtout après javellisation. Pendant plus de deux ans, ce travail éminemment fastidieux fut pratiqué sans défaillance, et nous en possédons les résultats régulièrement enregistrés.

Or, poursuivant le plan d'études que nous nous sommes tracé, nous cherchons, dans cette partie de notre travail, à déterminer la portée des améliorations entreprises sous forme de stérilisation pour conserver aux eaux leur pureté bactériologique; nous ne pouvions mieux faire que de citer, à cet effet, avant les résultats de nos quelques recherches personnelles, les résultats très instructifs, parce que très multiples, des déterminations effectuées au laboratoire municipal d'hygiène. De leurs enseignements, nous pourrions déjà déduire si des améliorations futures sont à prévoir ou si l'on peut, en toute sécurité, demeurer dans le *statu quo*.

Voici, ci-joints, les résultats qualitatifs obtenus depuis août 1929 au moyen de la très classique méthode de Vincent. La numération des germes étant effectuée un jour sur deux, nous ne ferons que noter la présence ou l'absence de colibacilles dans les échantillons examinés (50 cc.), sans nous arrêter à son dénombrement.

RÉSULTATS ANALYTIQUES. — LEUR INTERPRÉTATION.

Essais bactériologiques des eaux effectués au Laboratoire municipal d'Arcachon de juillet 1929 à septembre 1930.

+ = présence de bacille coli.

— = absence de bacille coli.

	Le Courneau.		Pont du Saous.		Arcachon.	
	+	—	+	—	+	—
1929. Août.....	18	40	0	18	12	46
Septembre..	5	21	0	29	5	50
Octobre....	13	14	0	24	0	36
Novembre .	5	25	0	18	0	45
Décembre..	0	31	0	24	0	45
1930. Janvier....	0	30	0	27	0	49
Février....	0	28	0	21	0	47
Mars..	1	30	0	27	0	51
Avril.....	0	30	0	21	0	44
Mai.....	0	29	0	25	0	52
Juin.....	2	28	0	24	2	46
Juillet.....	6	25	0	29	9	41
Août.....	3	28	4	27	5	42
Septembre..	0	28	0	28	0	55
Octobre....	1	30	0	30	0	55
Novembre..	8	22	0	30	0	46
Décembre..	13	20	0	29	1	49
1931. Janvier....	10	21	0	31	0	52
Février....	0	28	0	28	1	47
Mars.....	1	30	1	31	0	50
Avril.....	1	29	3	27	0	50
Mai.....	0	22	0	31	2	44
Juin.....	0	25	0	29	8	33
Juillet... .	8	14	0	31	12	24
Août... . .	1	23	0	31	0	49
	96	621	8	670	57	1 148

Ces résultats peuvent se résumer ainsi : Sur 717 analyses effectuées sur les eaux prélevées au Courneau avant javellisation, 96 ont révélé la présence du colibacille. Sur 678 analyses effectuées sur les eaux prélevées au pont du Saous, 8 ont révélé la présence du colibacille.

Sur 1.205 analyses effectuées sur les eaux prélevées à Arcachon, soit aux bornes-fontaines, soit dans les domiciles particuliers, 57 ont révélé la présence du colibacille.

Nous ne pourrions être taxé d'exagération si nous concluons d'ores et déjà, chiffres en main, que la javellisation des eaux d'Arcachon a largement prouvé son efficacité. Cependant, ces résultats, dans leur sécheresse inhérente à toute statistique, laissent supposer que les améliorations ne sont encore qu'un à peu près, améliorations intéressantes certes, mais non exemptes de toute critique.

Quelques explications complémentaires sont donc de rigueur : en vingt-cinq mois, au pont du Saous, le colibacille a manifesté huit fois sa présence pour les raisons suivantes : six fois, parce que, à six reprises différentes, des blanchisseuses avaient jugé commode de laver leur linge tout à côté du puisard de prélèvement; deux fois par suite d'un arrêt accidentel de la javellisation, toutes causes mettant absolument hors de critique l'efficacité de la stérilisation. Hormis ces huit cas exceptionnels, étrangers au bon fonctionnement de l'ensemble, la stérilité des eaux de Cazaux fut donc prouvée — résultat absolument remarquable — par 100 p. 100 des analyses effectuées.

Cependant, dira-t-on, que signifie cette légère recrudescence de colibacilles enregistrée dans les eaux prélevées à Arcachon ? Comment leur absolue stérilité est-elle sujette à adultération depuis leur passage au pont du Saous ? La réponse est fort simple : il ne peut y avoir et il n'y a, en pratique, aucune adultération. A Arcachon, les eaux prélevées pour contrôle le sont, soit dans les domiciles particuliers, soit aux bornes-fontaines qui jalonnent les rues.

Dans un cas comme dans l'autre, les prélèvements sont effectués après écoulement prolongé de l'eau, sans flambage préalable de l'orifice distributeur. Or, c'est M. le Docteur Marcotte qui parle : « Au début des fortes chaleurs, on constate la présence du colibacille dans les eaux prélevées dans les rues d'Arcachon et même chez les particuliers, alors que

l'eau de la conduite donne des résultats bien meilleurs. La cause en est en partie aux poussières, mais surtout, d'après ce que nous pensons, à ce que, par temps chaud (25°-30°), le bacille du côlon ne meurt pas à l'air dans la rue, ni au contact des mains, mais, au contraire, aurait à cette température tendance à se multiplier. » Ce bacille, plus ou moins mélangé aux poussières des appartements et surtout de la rue, est disséminé avec elles et vient naturellement en contact avec les orifices des robinets ou des bornes-fontaines. Ainsi se trouvent souvent polluées, surtout par temps sec, les eaux prélevées pour analyses sans que la valeur de ces eaux en puisse être, en quoi que ce soit, diminuée.

Nous disions il y a un instant que sur 1.203 recherches de colibacilles opérées dans les eaux d'Arcachon, 57 s'étaient révélées positives.

En voici le détail :

Eaux prélevées aux bornes-fontaines = 50 positives;
Eaux prélevées dans les domiciles particuliers = 7 positives.

Ces résultats confirment donc entièrement la précédente explication. Cependant, afin de ne faire état que de données indiscutables, M. le Docteur Marcotte entreprit au laboratoire municipal de nouvelles expériences absolument convaincantes. Chaque jour, pendant une longue période, on prélevait aux bornes-fontaines et aux robinets particuliers deux échantillons d'eau : l'un avant flambage, l'autre après flambage de l'orifice d'écoulement. Les quatre échantillons étaient ensuite simultanément soumis à l'analyse. Les résultats obtenus sont résumés ci-dessous.

Rues		Habitations	
Avant flambage du robinet.	Après.	Avant.	Après.
13 —	22 —	19 —	22 —
9 +	»	3 +	»

Toute objection s'efface devant des résultats si constants. Depuis plus de deux ans, on n'a jamais pu démontrer que le

bacille du côlon ait effectivement échappé à l'action de la stérilisation. Depuis plus de deux ans, exception faite d'un court arrêt accidentel dans son fonctionnement, le poste de javellisation du Courneau a, sans défaillance, rendu aux eaux de Cazaux leur potabilité compromise.

Dans notre tableau récapitulatif nous n'avons pas, dans un but de simplification, mentionné les analyses journalières effectuées à Cazaux. L'examen de leurs résultats va cependant nous amener à une intéressante constatation. Les eaux prélevées à Cazaux sont beaucoup moins riches en organismes pathogènes, et en particulier en colibacilles, que les eaux prélevées au Courneau. C'est sur cette remarque et sur l'accroissement trop sensible des matières organiques que nous nous sommes basé pour affirmer, dans un chapitre précédent, que la conduite présentait des fissures entre Cazaux et Le Courneau et recueillait de ce fait des eaux étrangères suspectes de pollution. Par contre, les remarquables résultats obtenus après javellisation prouvent nettement qu'entre Le Courneau et Arcachon la conduite n'a encore subi aucune détérioration. Une telle éventualité pouvant se produire d'un instant à l'autre, on ne peut une fois de plus que se réjouir de la mise en service du nouveau poste de javellisation du Becquet.

RECHERCHES PERSONNELLES.

L'expérience de vingt-cinq mois pouvait amplement suffire à guider notre jugement sur la stérilisation telle qu'on la pratique à Arcachon; cependant, au moment des plus fortes chaleurs de l'été passé, nous avons tenu à réaliser par nous-même quelques essais complémentaires sur les eaux d'Arcachon. Nous nous proposons, dans ce but, de mettre à contribution la méthode de Vincent, lorsque M. le Professeur Mandoul, d'une compétence si étendue sur tout ce qui touche l'analyse bactériologique des eaux, nous suggéra l'étude d'une technique originale fort en faveur, quoique de mise au

point récente. Ici, ouvrons une parenthèse : Depuis quelque temps déjà les savants ont une tendance évidente à contester la valeur de la méthode de Vincent, « méthode commode, rapide, mais non exempte de causes d'erreurs », dit M. Dienert en personne. « Les colibacilles qui ont séjourné un certain temps dans l'eau cultivent peu ou pas dans un milieu fortement phéniqué », dont le pouvoir inhibiteur est très marqué.

En effet, les *B. Cöli* peuvent être seulement endormis par la solution stérilisante et se réveiller ensuite, lors d'un passage en milieu plus favorable; mais, en milieu fortement phéniqué, ces microbes endormis resteront inertes, donc indécélables. On n'obtient pas de meilleurs résultats avec des milieux très faiblement phéniqués, dans lesquels d'innombrables espèces croissent, étouffent le *Coli* et empêchent son isolement. Aussi a-t-on généralement adopté la concentration intermédiaire de 1 p. 1.000 en acide phénique pour les milieux de culture du colibacille, solution toute provisoire, dit M. Dienert, qui conseille l'emploi du milieu de Teague, préconisé en Amérique par Max Levine; grâce à ce milieu, l'ensemencement peut être pratiqué à basse température (30°), et les faibles quantités de milieu ensemencé, étalées sur gélose, permettent l'obtention de colonies très superficielles.

Milieu de Teague. — Préparation. — Utilisation.

En voici la formule :

Phosphate dipotassique	2 g.
Peptone Difco	10 g.
Gelose ou gélatine.....	15 g.
Eau distillée	1.000 cc.

Si l'on emploie une peptone autre que la peptone Difco, ajuster le milieu au PH = 7,5.

Au moment de l'usage, pour 100 cc. de cette gélose, on ajoute :

Eosine à 2 p. 100.....	2 cc.
Bleu de méthylène à 0,5 p. 100.....	2 cc.
Lactose à 20 p. 100 (solution stérile).....	5 cc.

On coule en boîtes de Pétri à raison de 25 cc. de gélose par boîte. On ne peut ensemer une grande quantité d'eau dans un milieu solide sans employer aussi une grande quantité de ce dernier, ce qui deviendrait trop onéreux. C'est pourquoi on concentre les germes de l'eau au moyen d'alumine gélatineuse obtenue en précipitant le sulfate d'alumine par NH^3 et en lavant le précipité pour éliminer totalement NH^3 . On introduit cette suspension d'alumine dans l'eau à raison de 20 cc. pour 100 cc. d'eau. On agite énergiquement le tout et on laisse déposer dans un endroit frais pendant deux heures. On soutire ensuite avec un siphon stérile le liquide surnageant le précipité et on centrifuge ce dernier à la centrifugeuse à eau. On a ainsi dans un tube un culot d'alumine contenant 90 à 96 p. 100 des germes de *B. coli* contenus dans 1.000 cc., que l'on sépare de l'eau surnageant. Ce culot d'alumine est alors mélangé, à la température de 30 degrés avec 20 cc. d'un mélange de gélose de Teague et de deux tiers de gélatine de Teague. On agite bien le tout et on répand ce mélange sur les boîtes de Pétri, contenant déjà 25 cc. de gélose de Teague stérile et solidifiée, à raison de 2 cc. par plaque. On place à la température de 37 degrés. Au bout de 24 à 48 heures, on observe les plaques de Pétri.

Sur ce milieu, le *B. coli* se présente sous forme de colonies de 2 à 3 millimètres de diamètre, qui, vues par transparence, ont un centre bleu sombre, presque noir, couvrant plus des trois quarts de la colonie; par réflexion, on observe, au centre, une sorte de bouton surélevé bleu noirâtre, entouré d'une rigole ciculaire. La partie périphérique de la colonie prend l'aspect gris métallique.

Tel est l'exposé succinct de cette nouvelle méthode que

nous comptons utiliser pour nos recherches, lorsque M. le Professeur R. Sigalas et M. le Professeur Mandoul portèrent à notre connaissance les travaux effectués depuis plusieurs mois par M. Fleury, docteur en pharmacie, pharmacien à Archachon, travaux destinés à la réalisation d'un nouveau milieu de culture et d'identification du colibacille (1).

En effet, à considérer la technique de Teague, M. Fleury avait rapidement fait les deux constatations suivantes :

1° La technique de Teague, dit-il, « est complexe à mettre en œuvre. Elle exige une manipulation préalable : celle de concentrer sous un petit volume les microbes de l'eau au moyen d'une alumine gélatineuse purifiée que l'on doit préparer... ».

2° ... « En admettant que la concentration à l'aide du coagulant ait été opérée d'une façon convenable, on n'obtient pas la totalité du bacille Coli contenue dans le volume d'eau utilisé : 90 p. 100 environ, ce qui est déjà, hâtons-nous de le dire, d'une approximation suffisante... »

Aussi s'efforça-t-il avec plein succès, d'une part, de simplifier la technique de Teague préconisée par Dienert et Etrillard; d'autre part, de réaliser un procédé éminemment supérieur aux procédés antérieurs.

Formule du milieu de G. Fleury et technique personnelle.

« Peptone	30 g.
» Sel marin	5 g.
» Lactose	15 g.
» Gélose	15 g.
» Gélatine	60 g.
» Eau distillée	900 g.

» Après dissolution et neutralisation, clarifier au blanc d'œuf, filtrer, ramener à 900 cc.

(1) Nous remercions ici très sincèrement M. Fleury de l'amabilité avec laquelle il nous a initié à sa méthode et de la spontanéité avec laquelle il a consenti à ce que nous soyons le premier à la mettre en œuvre.

» Ajouter solution filtrée contenant :

» Rouge Congo	2 g.
» Lessive de soude dite des savonniers ..	1/2 cc.
» Eau distillée	100 cc.

» Mélanger. Répartir en plaques de Roux à raison de 15 cc. par plaque. Stériliser à 115 degrés.

» Au moment du besoin, faire liquéfier au bain-marie à 42 degrés environ. Ensemencer aseptiquement avec une pipette stérile 1 cc. de l'eau à examiner. Mélanger. Laisser solidifier horizontalement. Mettre à l'étuve à une température de 25 à 30 degrés. Au bout de vingt-quatre heures, de quarante-huit heures, ou si l'on veut encore de soixante heures, voir les colonies.

» Les colonies de bacilles coli apparaissent très nettement et joliment sous forme de taches d'un beau bleu clair sur fond rouge groseille. Les colonies de bacilles typhiques se détachent, elles aussi, très nettement en rouge foncé, mais sont beaucoup plus petites que celles du bacille coli.

» Se servir d'une loupe pour plus de sûreté.

» *Nota.* — Si l'on pense que l'eau à examiner doit être très pauvre en bacilles coli, onensemencera 50 cc. sur 150 cc. de notre milieu stérilisé, momentanément liquéfié, et contenu dans un ballon. Après mélange, on coulera immédiatement en boîtes de Pétri préalablement stérilisées (en 10 boîtes, si on n'a à sa disposition que des petites boîtes de 9 centimètres de diamètre).

» On peut aussi centrifuger longuement 50 cc. d'eau dans un tube centrifugeur effilé à sa partie inférieure, gradué et préalablement stérilisé avec une coiffe de papier filtre. La centrifugation effectuée, on soutirera, au moyen d'un siphon stérile, la partie supérieure de l'eau jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un volume de liquide compris entre 2 et 4 cc. Pour ensemencer, on versera aseptiquement 15 à 20 cc. de notre milieu liquéfié dans le tube centrifugeur. On mélangera énergiquement par agitation, le tube étant bouché par une ron-

delle de caoutchouc stérile maintenue par le pouce, et on coulera le tout immédiatement en boîte de Pétri. (Centrifuger simultanément dans 2 ou 4 tubes : ainsi la recherche portera-t-elle sur 100 ou 200 cc. de la même prise d'eau).

» Si l'eau est très chargée de matières minérales, notamment d'aluminium et de fer à l'état d'oxydes ou d'hydrates, on filtrera sur filtre papier stérilisé pour se débarrasser de la plus grande partie de ces substances en suspension, cette simple filtration ne pouvant modifier la flore bactérienne... »

Plus loin, il ajoute : « Signalons enfin, et cela est très important, que sur notre milieu tous les germes de l'eau cultivent. Ainsi pouvons-nous faire directement et du même coup, non seulement la numération du bacille coli, mais la numération des autres colonies. Cette numération, suivant le procédé courant qu'on emploie, sur culture sur gélatine, est d'une facilité extrême. Au bout de quelques jours, si les colonies sont peu nombreuses, on les compte une à une sur toute la plaque, après avoir divisé la plaque en secteurs égaux par des traits au crayon gras. Si les colonies sont très nombreuses, on compte les germes de deux secteurs sensiblement aussi riches en bacilles. On fait la moyenne des deux numérations, on multiplie le chiffre par le nombre des secteurs et on rapporte la numération au centimètre cube, pris comme unité.

» Ainsi, et pour conclure :

» 1° La méthode de Vincent, qui est la méthode classique en France, présente les inconvénients suivants :

- » a) milieu liquide;
- » b) présence d'un antiseptique;
- » c) culture à température élevée.

» 2° La méthode de MM. Dienert et Etrillard, modification de la méthode américaine de Teague, a aussi ses inconvénients :

- » a) complexité et difficulté de la mise en œuvre de la méthode;

» b) ensemencement d'un culot d'alumine ne pouvant contenir la totalité des bacilles coli du volume d'eau utilisé.

» 3° Le milieu de Chandelier, excellent, et même tout à fait remarquable par ailleurs, ne peut se prêter à la recherche directe du bacille coli dans une eau.

» 4° Notre milieu offre les avantages suivants :

» a) Ensemencement direct de l'eau à examiner;

» b) Culture sur milieu solide et qui satisfasse à deux conditions :

» Que tous les germes ensemencés soient isolés sur le milieu et puissent se développer isolément (d'où pas de concurrence vitale);

» Que les colonies de bacille coli soient faciles à différencier des autres espèces.

» c) Pas de substance antiseptique dont on peut craindre l'action inhibitrice.

» d) Une culture à basse température. Car si on a pu cultiver à 35 degrés, et même si certains bactériologistes ont préconisé la culture à 46 degrés pour le bacille coli dans le but de diminuer la concurrence vitale, nous pensons, avec MM. Dienert et Etrillard que cette température élevée peut avoir, elle aussi, une action franchement inhibitrice qui s'apparente d'ailleurs, en l'espèce, à l'action des antiseptiques. »

Enfin, un des grands mérites de M. Fleury a été de créer, selon la formule communiquée plus haut, « un mélange de gélose et de gélatine en proportion telle que ce mélange soit liquide à la température de 42 degrés et solide à la température de 30 degrés ».

Ainsi devient-il possible « d'ensemencer directement l'eau à examiner sur un milieu momentanément liquide, qui, dès l'ensemencement fait, se solidifiant très rapidement, c'est-à-

dire en quelques instants, permet une culture en milieu solide » (1).

Nous avons tenu à citer *in extenso* les passages essentiels du travail de Fleury, afin d'avoir la certitude de ne point trahir la pensée de l'auteur, afin d'énoncer en détail cette technique nouvelle, que nous avons aussitôt expérimentée sur les eaux d'Arcachon simultanément avec la technique de Vincent.

Cette dernière a été utilisée suivant les principes classiques : culture sur bouillon phéniqué, identification par examen microscopique, gram, réaction de l'indol, gélose lactosée, gélose lactosée tournesolée, etc.

Voici ci-joints les résultats schématiques des analyses effectuées du 19 au 26 août 1931 :

1° Sur 50 cc. d'eauensemencée sur 50 cc. de bouillon phéniqué;

2° Sur 50 cc. d'eau centrifugée et ramenés à 1 cc.ensemencé sur milieu Fleury.

On voit que le 19 août le milieu Fleury a seul été capable de détecter la présence du bacille coli : nous en concluons que, à part les remarquables améliorations que sa technique nous propose, on doit voir dans le milieu Fleury un milieu d'élection, de choix, pour la culture du bacille coli, qui ne saurait mieux proliférer en aucun autre milieu.

De ces déterminations nous tirerons encore un nouvel enseignement : savoir que nos analyses confirment étroitement les analyses effectuées quotidiennement au laboratoire municipal et que la stérilisation dote depuis longtemps notre ville d'eaux bactériologiquement irréprochables. Nous ne saurions terminer ce chapitre sur plus consolante constatation; d'autant plus que les derniers perfectionnements apportés au poste du Becquet assureront dans l'avenir une régularité et une efficacité de stérilisation au moins égales à celles dont le passé nous a assuré l'existence.

(1) Travail du Laboratoire de microbiologie du Professeur Mandoul.

**Résultats comparatifs des analyses bactériologiques effectuées
si ultanément sur milieu Vincent et sur milieu Fleury.**

DATES	MILIEU VINCENT	MILIEU FLEURY
19 août 1931.....	Après 48 heures : bouillon phéniqué trouble. Pas d'indol. Cocci et diplocoques. Pas de bacille coli.	Après 5 jours : 1 colonie bleue. Présence de bacille coli.
20 août 1931.....	Idem.	Pas de colonie bleue. Absence de bacille coli.
21 août 1931.....	Idem.	Idem.
22 août 1931.....	Idem.	Idem.
23 août 1931.....	Idem.	Idem.
24 août 1931.. ..	Idem.	Idem.
25 août 1931.....	Idem.	Idem.
26 août 1931.....	Idem.	Idem.

CHAPITRE V

AMELIORATIONS ENVISAGEES

Il ressort de l'ensemble des documents qui précèdent que seules des améliorations relatives à la composition chimique, à l'aspect des eaux d'Arcachon, sont de réalisation désirable. La question bactériologique se trouve, en effet, intégralement résolue, et la question chimique se résume actuellement en une lutte plus sévère pour obtenir enfin l'élimination de ce trouble ferrugineux si malencontreusement persistant.

Le problème, ramené à ce point précis, n'en demeure pas moins le plus embarrassant de tous ceux résolus jusqu'à ce jour à Arcachon, ce qui explique sa survivance, atténuée il est vrai, mais non annihilée. C'est pourquoi, les quelques suggestions incluses dans ce chapitre n'ont pas la prétention de donner une réponse radicale et définitive aux défauts constatés : ces défauts sont vraiment trop particulières pour trouver une solution entièrement satisfaisante dans les modestes propositions qui suivent; du moins, aurons-nous mieux prouvé que les difficultés techniques et les exigences pécuniaires sont deux obstacles sensiblement égaux, opposés tour à tour à la réalisation des plus efficaces modifications.

Avant d'envisager le sens de ces dernières, il est strictement nécessaire de remédier à un état de choses dont on ne saurait plus longtemps admettre la persistance : nous avons déjà eu l'occasion de nous apercevoir que la conduite d'aménée présentait de nombreuses fissures, livrant passage à des eaux étrangères de potabilité douteuse; de sérieuses réparations semblent donc s'imposer. Il conviendrait d'opérer des

recherches systématiques et, aussitôt les fissures découvertes, de réaliser au point voulu les réparations convenables. Ceci, fort simple en apparence, présente de considérables difficultés. On conçoit mal la possibilité de réparer la conduite durant les mois d'été, alors que le moindre arrêt dans la distribution causerait un profond mécontentement parmi les innombrables usagers venus en villégiature.

Durant les mois d'hiver, la difficulté est autre : la couche d'altos, déjà citée, retient les eaux pluviales à la surface du sol, si bien que la moindre excavation pratiquée en vue de réparation disparaît vite sous une nappe d'eau importune et intarissable. De cette impuissance à réaliser des réparations, en hiver comme en été, est née cette usure de la conduite dont nous déplorons les effets et qui, chaque jour, ne manque pas de s'accroître. C'est pourquoi, tant qu'une solution radicale n'aura pas été envisagée, il restera absolument inutile de chercher à clarifier les eaux avec plein succès : le remède, le voici : adjoindre à la première une seconde canalisation identique, munie d'une tête de prise identique permettant, et d'opérer, surtout en été, les réparations urgentes, et de réaliser des nettoyages dont les produits d'élimination ne seraient point évacués par les robinets des usagers.

C'est à cette condition, nous semble-t-il, et à cette condition seulement que l'on peut songer à la réalisation des quelques projets d'amélioration dont nous allons maintenant nous entretenir. Ces améliorations peuvent être tentées selon deux directives :

- A. En endureissant l'eau pour la rendre moins agressive;
- B. En éliminant les produits qui résultent de son attaque.

A. — ENDURCISSEMENT DES EAUX.

Disons immédiatement que l'endurcissement des eaux est plus à réaliser que réalisé; de nombreux savants se livrent

chaque jour à de patientes investigations pour donner à cette question une conclusion efficace et économique; malheureusement, les résultats sont encore embryonnaires et l'on n'a guère dépassé, tant en France qu'à l'étranger, l'ère des tâtonnements. Toutefois, de relations engagées avec M. Hugon, ingénieur de la ville de Bordeaux; avec MM. Puech et Chabal, spécialistes en la question, que M. le Professeur Mandoul pressentit en notre faveur; avec M. Bunau-Varilla, il ressort que l'on peut envisager comme possible la réalisation de plusieurs remèdes :

a) *Endurcissement de l'eau par passage sur un lit de calcaire.* — Cette solution, simple en apparence, l'est beaucoup moins lorsqu'on se rappelle que l'acidité de l'eau d'Arcachon est davantage une acidité humique qu'une acidité due à un excès de gaz carbonique; ce dernier, au contraire, existe en quantités trop faibles dans les eaux de Cazeaux pour amener la formation de bicarbonate de chaux en proportion suffisante. Il serait donc nécessaire, *a priori*, d'enrichir l'eau de Cazeaux en gaz carbonique; on y pourrait parvenir de deux manières : en premier lieu, en élevant l'eau de Cazeaux par un moyen à déterminer et en la faisant revenir à son niveau primitif par l'intermédiaire de multiples cascades. L'eau ainsi pulvérisée en fines gouttelettes se chargerait d'une manière appréciable de CO_2 atmosphérique. En second lieu, et c'est là, nous le croyons, solution plus efficace, en insufflant dans l'eau, au départ de Cazeaux, du gaz carbonique sous pression. Malheureusement, les calculs montrent que la quantité de CO_2 à utiliser serait considérable, entraînerait la création d'une véritable usine qui ne saurait trouver dans la région la matière première indispensable à son fonctionnement, et, de plus, serait d'un prix d'établissement et de revient absolument exagéré.

Supposons toutefois une de ces solutions adoptée : il serait aisé, désormais, de soumettre les eaux à la décantation pour les débarrasser de l'oxyde de fer III formé pendant l'aération, puis de les faire ruisseler sur de vastes lits de calcaire

établis de telle manière que, divisées en minces filets entre les blocs placés sur leur passage, ces eaux continuent à s'aérer et, par suite, à se mieux endurcir. La préfiltration réduirait ainsi à néant les risques d'encrassement. Il est absolument certain que le degré hydrotimétrique se trouverait ainsi considérablement accru et la corrosion métallique sensiblement annihilée.

b) *Endurcissement de l'eau par addition d'une solution de bicarbonate de chaux.* — M. Bunau-Varilla préconise en ces termes l'emploi de bicarbonate de chaux : « Vous pourriez, dit-il, laisser tomber dans le bac d'amorçage une solution de bicarbonate de chaux. Au contact de la solution d'hypochlorite de soude, ce bicarbonate se change en mon carbonate insoluble et en carbonate de soude. Les éléments de carbonate de chaux flottant dans vos conduites en tapisseraient, au bout d'un certain temps, les parois, et cela supprimerait l'attaque. » Un tel procédé a déjà donné, sur des volumes assez faibles, il est vrai, la preuve de sa notable efficacité; on en pourrait tenter l'application si sa mise en œuvre ne dépassait pas de beaucoup les disponibilités pécuniaires de la ville d'Arcachon. Il a été calculé, en effet, que la calcariation ainsi conçue entraînerait une dépense voisine de 45 centimes par mètre cube d'eau traitée. Aussi, ne nous appesantissons-nous pas davantage sur ce procédé dont l'emploi, dans l'état actuel des choses, nous reste absolument interdit.

c) *Endurcissement de l'eau par addition d'un lait de chaux.* — C'est le procédé dont MM. Puech et Chabal nous ont conseillé l'étude. Il fonctionne avec profit à Saint-Servan, où le degré hydrotimétrique des eaux est porté de 6 à 10 degrés. Son prix de revient est alors de neuf millimes par mètre cube d'eau traitée. Cependant, nous ne pensons pouvoir en conseiller l'emploi à Arcachon : tout d'abord, parce que le degré hydrotimétrique des eaux de Cazaux est initialement beaucoup plus faible que celui de l'eau de Saint-Servan; ensuite, parce que nous retrouvons ici la coûteuse nécessité d'enrichir les eaux en CO^2 avant traitement.

En un mot, les diverses solutions précitées, d'utilisation probante lors d'expérimentations effectuées dans les laboratoires, ne paraissent pas devoir s'imposer encore dans la pratique. Leur emploi souvent aléatoire, le sacrifice de capitaux qu'implique leur utilisation incitent à enrayer le mal par des moyens différents, à chercher dans des chemins nouveaux un procédé qui se porte garant de plus d'efficacité.

B. — ELIMINATION DES PRODUITS QUI RÉSULTENT DE L'ATTAQUE.

Ce procédé, le seul qui nous semble de réalisation relativement économique, consiste à supprimer les produits résultant de l'attaque des métaux qui subissent le contact des eaux agressives. Ce n'est pas, il s'en faut, que pour opérer cette élimination, les travaux indispensables soient de prix très modique; mais, du moins, avons-nous la certitude qu'ils ont été entrepris ailleurs et menés à excellente fin.

A Francfort, à Hanovre, à Lehe, en particulier, on opère depuis longtemps une déferrisation des eaux. Dans ce but, on met l'eau en contact avec l'air, soit en la faisant passer dans une colonne remplie de coke ou dans des ruisseaux, soit en la faisant tomber en pluie dans l'air sur environ deux mètres de hauteur, puis, dans les deux cas, en filtrant au sable.

A Arcachon, nous avons vu que le trouble ferrugineux provenait :

- a) de l'eau du lac;
- b) d'infiltrations dans la conduite d'amenée;
- c) d'une légère attaque de cette conduite d'amenée;
- d) des conduites publiques ou particulières encore en fer.

Nous pensons qu'il serait donc utile d'opérer les modifications suivantes :

Pour éliminer le fer venant de (a) : aérer l'eau à Cazaux même, sitôt sa sortie du lac. On pourrait utiliser, à cet effet, un des systèmes existant à Francfort ou encore le dispositif

que nous préconisons, il y a un instant, pour l'enrichissement en gaz carbonique; sitôt formé le précipité d'oxyde de fer III, l'eau serait transportée dans des décanteurs jumelés ou, à la rigueur, sur des filtres à sable.

Nous considérerons le fer provenant de (b) comme éliminé par définition, les réparations de la conduite actuelle ou son doublement étant les premiers travaux à entreprendre. Quant au fer signalé en (c), nous avons tout lieu de le croire en proportion minime, et, de ce fait, aisément arrêté par les décanteurs de la ville haute.

Reste le dépôt provenant de (d); sa suppression paraît plus délicate. Avant toute entreprise nouvelle, il serait fort désirable d'éliminer encore un certain nombre de ces malencontreux culs-de-sac, réceptacles attitrés de dépôts abondants. Ceci fait, nous préconisons l'établissement, dans la ville basse, de quelques décanteurs semblables à ceux de Cazaux, précédés, si nécessaire, d'un quelconque système d'aération. Après quoi, il faudrait cependant s'avouer impuissant à éliminer le dépôt produit par la corrosion des tuyaux constituant les canalisations particulières. Ou, du moins, pourrait-on laisser ce soin à l'habitant et lui recommander, par des avis réitérés : soit de laisser couler l'eau un court instant avant usage, soit de la filtrer sur un simple tampon de coton.

Ces propositions multiples pourront sembler de complexité trop grande, de réalisation trop lointaine : nous sommes toutefois convaincu qu'elles apporteraient vers le mieux un changement si sensible que l'on ne songerait plus à regretter les sacrifices pécuniaires (non négligeables malgré tout) dont elles auraient été le prix. Car il faut bien se pénétrer de cette idée que nul travail ne semble plus opportun et plus urgent que celui dont nous venons de nous entretenir et dont l'accomplissement terminera, sans doute, avec bonheur une ère de luttes et de soucis, pour le maintien, à Arcachon, d'une hygiène irréprochable.

CONCLUSIONS

I. — La ville d'Arcachon s'alimente en eaux potables par captation des eaux du lac de Cazaux. Ces eaux sont amenées en conduite fermée, mises en charge dans deux jeux de réservoirs, puis distribuées par l'intermédiaire d'un vaste réseau de canalisations; afin d'annihiler la corrosion métallique, ces dernières, primitivement en plomb et en fer, sont aujourd'hui soit en « Italit » (fibro-ciment), soit en cuivre, soit en fer; les canalisations en fer sont appelées à disparaître.

II. — Nos recherches entreprises sur ces eaux ont donné les résultats suivants :

a) Au point de vue physique, non étudié jusqu'à ce jour :

Leur *résistivité* atteint 7.671 ohms et les classe parmi les eaux très peu minéralisées, donc très pures.

Leur PH oscillant entre 6,50 et 6,89 est le signe d'une très légère acidité qui peut expliquer leur aptitude à corroder le plomb et le fer des canalisations et à provoquer du saturnisme et la présence de dépôts ferrugineux.

En substituant au plomb des matériaux inattaquables (Italit) ou un métal peu attaqué (cuivre), le saturnisme a totalement disparu.

Seule la présence de dépôts ferrugineux persiste.

b) Au point de vue chimique, conformément aux résultats précédemment obtenus, nous avons constaté :

Une très faible minéralisation confirmant les résultats des examens et mesures physiques;

Une forte teneur en fer;

Une forte teneur en chlorures;

Une forte teneur en matières organiques.

La présence du fer est une conséquence de la corrosion métallique.

On s'explique la forte teneur en chlorures par la proximité de la mer, et l'excès de matières organiques par l'origine météorique de ces eaux qui se chargent par ruissellement de matières organiques de nature végétale.

c) Au point de vue bactériologique :

Les eaux du lac et de la conduite avant javellisation ont une teneur bactérienne très variable. Elles contiennent souvent du *B. Coli*, parfois même en assez grande quantité (jusqu'à 335 par litre = eau suspecte de l'échelle de Miquel).

Après javellisation, c'est-à-dire dans la portion qui va du poste de javellisation aux robinets de distribution, ces eaux sont absolument stériles.

III. — En ce qui concerne les améliorations à apporter à ces eaux, nous pensons :

- 1° qu'il serait fort utile de doubler la conduite d'amenée;
- 2° qu'il serait possible de supprimer le dépôt ferrugineux déterminant un trouble, soit par durcissement des eaux, soit plutôt par aérations et décantations successives.

IV. — On peut donc conclure que, depuis la disparition du saturnisme et grâce à l'épuration (par javellisation) qu'on leur fait actuellement subir, les eaux d'Arcachon donnent toute satisfaction à l'hygiéniste.

Vu : *Le Doyen,*

C. SIGALAS.

VU, BON A IMPRIMER :

Le Président,

H. MANDOUL.

VU, ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 20 novembre 1934.

Le Recteur de l'Académie,

F. DUMAS.

BIBLIOGRAPHIE

- ARNOULD. — Le traitement des eaux de boisson par les hypochlorites alcalins. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1912.
- BAILLY-SALIN. — L'eau potable de la ville de Sens. Imprimerie Duchemin, 1912.
- BARGERON. — L'hygiène dans la reconstruction des usines après la guerre. *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 1918, p. 129.
- BERLEMONT et GEORGE. — *Journal de chimie physique*, t. XVIII, 1920, p. 235.
- BRUÈRE. — Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux. *Annales d'hygiène publique*, 1923, p. 416.
- Les applications de l'ozone en hygiène. La stérilisation des eaux. L'assainissement de l'air. *La technique sanitaire et municipale*, t. XXI, n° 1, 1926.
- Bulletin officiel d'hygiène publique*. — L'action des eaux potables sur les canalisations en plomb et les dangers qui en résultent, t. VII, 1915, p. 641.
- BUNEAU-VARILLA. — L'autojavellisation imperceptible. Verdunisation.
- CAMBIER. — Filtration des eaux par le sable. *Annales d'hygiène publique*, 1924, p. 641.
- *Revue d'hygiène*, 1910, p. 411.
- CAYREL, MASSY, PIAULT, VILA. — Contribution à l'étude des procédés de javellisation des eaux en campagne. *Annales d'hygiène publique*, 4^e série, t. XXVII, 1917.
- CLAVEL. — Notice sur le bassin d'Arcachon.
- CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE PUBLIQUE EN FRANCE. — Instructions générales aux municipalités, dans le but de les guider

pour l'application des procédés de correction et de stérilisation des eaux potables, mars 1930.

COURMONT et NOGIER. — Compte rendu de l'Académie des sciences, février 1909.

COUTrÈRAS. — Epuration bactériologique des eaux potables par l'iode. *Annales d'hygiène*, avril 1930.

DIENERT. — Améliorations apportées dans l'alimentation en eau du département de la Seine en dehors de Paris. *Annales d'hygiène publique*, 1927, p. 122.

— Stérilisation des eaux par les rayons ultra-violet. *Annales d'hygiène publique*, 1924, p. 586.

— Technique de la stérilisation des eaux par le chlore et ses dérivés. *Annales d'hygiène*, 1929.

— Action du chlore et de ses composés sur les matières organiques et les microbes. *Annales d'hygiène publique*, 1927, p. 728.

— Eaux douces et eaux minérales.

DIENERT et ETRILLARD. — Recherche et numération directe sur milieu solide du B. coli contenu dans un grand volume d'eau. *Annales de l'Institut Pasteur*, oct. 1929, n° 40.

— Sur la recherche du B. coli dans les eaux. *Annales de l'Institut Pasteur*, mars 1931, n° 3.

DOLLFUS. — Les eaux potables du littoral français. *Annales d'hygiène publique*, p. 137.

DOPTER et ROUQUETTE. — *Paris médical*, 3 août 1912, n° 36.

DUJARRIC DE LA RIVIÈRE et CHU. — Sur quelques techniques d'isolement et d'identification des microbes des eaux. *Revue d'hygiène et de médecine préventive*, avril 1931, n° 11.

FAURÉ. — Analyses chimiques des eaux du département de la Gironde, 1853.

FERRAND. — Sur une modification de la méthode de stérilisation de l'eau de boisson par l'hypochlorite de sodium. *Compte rendu de l'Académie des sciences*, mars 1916.

FLEURY. — Un nouveau procédé d'isolement du bacille coli dans l'eau. *Bulletin de la Société de pharmacie de Bordeaux*, t. III, 1931.

- FRANCK-SEYMOUR. — III^e Rapport annuel du Local Government Board, Supplément 1913-1914. Sur des cas d'empoisonnement par le plomb à Guisborough. Séries n^o 86, 1913.
- GAUTHIER. — Extrait du bulletin technique de la chambre syndicale des entrepreneurs de couverture, plomberie, eau, gaz, assainissement et hygiène de la ville de Paris. N^o 8, 1^{er} trimestre, 1924.
- GUILBERT. — Notions d'hydrologie appliquée à l'hygiène, 1923.
- GUILLERD. — Analyse bactériologique de l'eau. *Annales d'hygiène publique*, 1927, p. 645.
- HAMEAU. — Quelques aperçus historiques sur La Teste-de-Buch.
- HENRI. — *Compte rendu de l'Académie des sciences*, août 1911.
- HUART. — Stérilisation des eaux potables par le chlore. Procédés récents d'application et résultats. Thèse médecine Lille, 1919.
- IMBEAUX. — Efficacité du traitement au chlore des eaux de Chicago. Doses à employer. *Revue d'hygiène et de médecine préventive*, avril 1931, n^o 4.
- JOUANET. — Statistique de la Gironde.
- KUHL. — La corrosion des canalisations métalliques pour eaux. *Gas. und Wasserfach*, 1922, t. 65, n^o 7, p. 99.
- La corrosion des tuyaux de plomb par l'eau et mesures de protection contre l'empoisonnement par le plomb. *Wasser*, 1920, t. 46, n^o 13, p. 151-153.
- LABIT. — Le colibacille dans l'eau de boisson et la fièvre typhoïde. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1912, p. 461.
- LALESQUE. — Arcachon, ville de santé, 1919.
- La question des eaux, déc. 1928.
- LASAUSSÉ. — Les travaux américains et anglais sur la corrosion métallique. *Journal de pharmacie et de chimie*, t. 29, 1924, p. 9.
- LE ROY. — Un réactif du chlore libre dans les eaux d'alimentation urbaines. *Compte rendu de l'Académie des sciences*, août 1916.
- LOUST. — Etude des eaux de la Champagne pouilleuse. Thèse pharmacie Paris, 1917.

- MAILLARD. — *Bulletin de l'Académie de médecine*, t. LXXIX, n° 9, séance du 5 mars 1918.
- MANDOUL. — Enseignement de microbiologie. Notes et techniques recueillies par Girard, 1925.
- MOLLIEX. — Analyse chimique des eaux potables, 1924.
- MONTEL. — Rapport fait au nom de la commission des eaux de boisson de la ville de Saïgon. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, t. 4, 1917, p. 347.
- OGIER et BONJEAN. — L'eau, étude microscopique et chimique, in *Traité d'hygiène* de Brouardel, Chantemesse et Mosny, fasc. II.
- PECKER. — Sur l'épuration des eaux potables par le chlore. Indice de chlore des eaux. Thèse pharmacie Paris, 1921.
- POUCHET. — *Annales d'hygiène et de médecine légale*, 3^e série, t. XXV, avril 1891.
- REMLINGER. — Importance des poissons dans les eaux destinées à l'alimentation des villes. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1912, p. 1182.
- Du rôle des poissons dans la transmission des maladies infectieuses et la contamination des eaux potables. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1927.
- Revue d'hygiène*. — La chloration. Procédé de stérilisation des eaux par le chlore liquide, 1918, p. 1.
- ROULAUD. — Contribution à l'étude physico-chimique de l'eau de l'eau de mer et à la mesure du pH. Thèse pharmacie Bordeaux, 1927.
- ROUQUETTE. — Stérilisation des eaux par chloration. Thèse médecine Toulouse, 1923.
- ROUX. — Stérilisation des eaux de source par un procédé de fortune. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1912.
- SIGALAS (R.) et MARCOTTE. — Sur un appareil d'urgence de javellisation. XVII^e Congrès annuel d'hygiène, Paris, 1930.
- SIGALAS (R.). — La question des eaux à Arcachon (Rapports divers).
- TECHOUËYRES. — Stérilisation des eaux potables par autojavellisation. Système Bunau-Varilla.
- Contribution à l'étude des actions destructrices exercées sur

les bactéries en suspension dans l'eau par les doses faibles de chlore introduites sous agitation violente. *Revue d'hygiène*, 1929, p. 393.

VALÉRY. — Sur la stabilité des hypochlorites en solutions très étendues. Conséquences au point de vue de leur emploi pour la javellisation des eaux. *Compte rendu de l'Académie des sciences*, février 1916.

VERNIN. — Des eaux naturelles et de leur stérilisation. Thèse pharmacie Paris, 1917.

